



SBE 16 SERIES

SUSTAINABLE URBAN COMMUNITIES TOWARDS A
NEARLY ZERO IMPACT BUILT ENVIRONMENT

7-9 SEPTEMBER 2016 • VITÓRIA, BRAZIL

VOL I



EDITORS

CRISTINA ENGEL DE ALVAREZ
LUÍS BRAGANÇA
EDNA APARECIDA NICO RODRIGUES
RICARDO MATEUS

SBE16 BRAZIL & PORTUGAL

SUSTAINABLE URBAN COMMUNITIES TOWARDS A NEARLY ZERO IMPACT BUILT ENVIRONMENT

Volume I

Organized by



Partners



Sponsors



Financing





SBE16 BRAZIL & PORTUGAL

SUSTAINABLE URBAN COMMUNITIES TOWARDS A NEARLY ZERO IMPACT BUILT ENVIRONMENT

Editors

Cristina Engel de Alvarez

Luís Bragança

Edna Aparecida Nico-Rodrigues

Ricardo Mateus

© 2016 The authors

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

ISBN 978-85-92631-00-0

1st edition, September 2016

250 copies

LEGAL NOTICE

The Editors are not responsible for the use which might be made of the following information.



Foreword

The organizers of SBE 16 Brazil & Portugal were challenged to promote discussions and the development of solutions for an important and, at the same time, very ambitious topic – Sustainable Urban Communities towards a Nearly Zero Impact Built Environment. This is the main focus of the international conference SBE16 Brazil & Portugal; the only event of the SBE16/17 conference series being held in Latin America, more precisely, in Vitória (Espírito Santo), Brazil, from the 7th until the 9th of September 2016. The conference offered a unique opportunity to bring together researchers from all over the world to share evidence-based knowledge in the field and succeeded to achieve its goals since many contributions from various parts of the planet were received, addressing a tiny part of the problem or trying to perform the difficult task of making the sum of the parts a coherent whole.

The SBE conference series is the pre-eminent international conference series on sustainable building, construction, urban sustainability issues and supporting infrastructure. The series is held on a three-year cycle with planning and preparation in year 1, regional conferences held in year 2 and a single global event to be held in year 3.

The series is owned and supported by high prestige partners, such as the International Council for Research and Innovation in Building and Construction (CIB), the International Initiative for a Sustainable Built Environment (iiSBE), the United Nations Environment Programme (UNEP) and the International Federation of Consulting Engineers (FIDIC). The first conference was launched in 2000 and, since then, the series continues to evolve. Up to 2014, the series was named the “SB” or “Sustainable Building” conference series, but the series coordinators have now changed the series name to “SBE”, standing for “Sustainable Built Environment” series, to more clearly indicate the inclusion of issues related to local urban areas and supporting infrastructure.

The Federal University of Espírito Santo (Brazil), the University of Minho (Portugal) and iiSBE Portugal, with the support of the Brazilian National Association for the Built Environment Technologies (ANTAC) and the Network on Energy Efficient Urban Communities (URBENERE) of CYTED “Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnologia para el Desarrollo”, organized SBE16 Brazil & Portugal. The event succeeded to get the crucial financial and institutional support of the Coordination for the Improvement of Brazilian Higher Education Staff (Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Ensino Superior - CAPES) and the Foundation for Research and Innovation of the State of Espírito Santo (Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo - FAPES), among other sponsors.

The aim of SBE16 Brazil & Portugal is to promote the discussion and development of knowledge on the theme “Sustainable Urban Communities towards a Nearly Zero Impact Built Environment”.

The main objectives of the event are the following:

- I. Promote effective interaction between researchers and professionals working in the various areas of the built environment through different activities offered at the event (lectures, debates, short courses / seminars, exhibitions and practical experiences);
- II. Disseminate scientific and technological achievements in the areas of Building, Construction and Sustainable Communities;
- III. Assess the current state and prospects of development in the areas of research and high education; and
- IV. Encourage the startup of new groups and/or the development of existing groups, preferably with the participation of members from several countries.

These main objectives are achieved through the implementation of the following specific objectives:

- i. To promote the integration of research, education and professional practice, in order to incorporate the guidelines, criteria and products generated by the scientific community in the design and sustainable production of the built environment;
- ii. To disseminate information about products, equipment and services that enable the use of efficient technologies that favor the rational use of energy and the preservation of the environment, without jeopardizing the comfort conditions;
- iii. To deepen awareness among the professionals responsible for the implementation of the built environment on the importance of integrating the concept of sustainability throughout the whole life-cycle, i.e. from design (cradle) until disposal (grave);
- iv. To allow technical community to improve their professional skills through lectures and short courses taught by internationally prominent and highly qualified professionals;
- v. To encourage transdisciplinary studies taking into consideration the necessary correlation between the environment and society, as well as the absolutely need for the economic feasibility of these solutions; and
- vi. To promote the discussions about processes, methods and sustainability assessment tools focused on materials, construction products, buildings and urban communities.

To achieve these specific objectives, the SBE16 Brazil & Portugal conference topics cover a wide range of up-to-date issues in the Sustainable Build Environment field, such as:

- Nearly zero and positive energy built environments;
- Environmentally-friendly renewable energy systems;
- Urban planning for sustainable communities;
- Sustainable urban mobility and accessibility;
- Mitigation of impacts in urban areas;
- Sustainability assessment tools;
- Governance and strategies for a sustainable built environment;
- Technologies for a sustainable building environment;
- Training and education to promote adoption of sustainable approaches;
- Adaptation of cities and buildings to climate changes;
- Contributions and consequences of urban landscaping;
- The BIM concept applied to sustainable buildings and cities.

Like every international event, for SBE16 Brazil & Portugal it is also expected, as outcome, a broad exchange of information between the delegates, resulting from the strategies that allow meetings and the establishment of knowledge networks. In this sense, conferences, short courses, technical visits, communications, poster sessions and even the organization of living spaces highlight and promote the interconnection of this topic and reflect the need that sustainability must be seen and discussed under several points of view.

It is expected that people with diverse backgrounds, different levels and also coming from diverse contexts meet in Victoria, allowing that each participant can understand and learn from other people's reality. The organizers believe that only respecting the differences, the global sustainability may, one day, be achieved.

Finally, the organizers want to address a special thanks to all Authors and Scientific Committee Members for their support and contribution to the successful development of the scientific basis to the knowledge on the theme "Sustainable Urban Communities towards a Nearly Zero Impact Built Environment".

The SBE16 Brazil & Portugal organizers

BRAZIL

PORTUGAL

Prof. Cristina Engel de Alvarez
cristina.engel@ufes.br

Prof. Luís Bragança
braganca@civil.uminho.pt

Prof. Edna Aparecida Nico-Rodrigues
edna.rodrigues@ufes.br

Prof. Ricardo Mateus
ricardomateus@civil.uminho.pt

Federal University of Espírito Santo

University of Minho

Web: <http://lpp.ufes.br>

Web: <http://civil.uminho.pt>

Tel.: + 55 27 4009 2581

Tel.: + 351 253 510 499



Scientific Committee

Alexandre Cypreste Amorim

Instituto Federal do Espírito Santo, Brazil

Amábeli Dell Santo

Instituto Federal do Espírito Santo, Brazil

Ana Paula Rabello Lyra

Universidade Vila Velha, Brazil

Anderson Buss Woellfel

Faculdades Integradas Espirito-Santense, Brazil

Andrea Coelho Laranja

Universidade Federal do Espírito Santo, Brazil

Andrea Naguissa Yuba

Universidade Federal Mato Grosso do Sul, Brazil

Andrea Parisi Kern

Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Brazil

Angela M. Gabriella Rossi

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brazil

Anicoli Romanini

Universidade de Passo Fundo, Brazil

Armando Silva Afonso

Universidade de Aveiro, Portugal

Avanilde Kemczinski

Universidade Federal de Santa Catarina, Brazil

Bernardo Zadomenico Dias

Emp. Brasil. de Ensino Pesquisa e Extensão, Brazil

Catarina Brandão Araújo

Universidade do Minho, Portugal

Christian Wetzel

Calcon, Germany

Clara Luiza Miranda

Universidade Federal do Espírito Santo, Brazil

Cristina Engel de Alvarez

Universidade Federal do Espírito Santo, Brazil

Daniel Chemisana

Universidad de Lleida, Spain

Daniel Pinheiro

Universidade do Minho, Portugal

Dielly Christine Montarroyos Guedes

Emp. Brasil. de Ensino Pesquisa e Extensão, Brazil

Dimitrios Bikas

University of Thessaloniki, Greece

Edna Aparecida Nico-Rodrigues

Universidade Federal do Espírito Santo, Brazil

Edna Mara Pires Gumz

Universidade Vila Velha, Brazil

Eneida Maria Souza Mendonça

Universidade Federal do Espírito Santo, Brazil

Ercilia Hitomi Hirota

Universidade Estadual de Londrina, Brazil

Érica Coelho Pagel

Faculdades Integradas Espirito-Santense, Brazil

Fabiana Trindade da Silva

Faculdades Integradas Espirito-Santense, Brazil

Fabricia Delfino Rembiski

Emp. Brasil. de Ensino Pesquisa e Extensão, Brazil

Fernando Branco

Universidade de Lisboa, Portugal

Gleice Azambuja Elali

Universidade Fed. do Rio Grande do Norte, Brazil

Helenice Maria Sacht

Universidade Federal Latino-Americana, Brazil

Irina Tumini

Universidad del Bío-Bío, Chile

Joana Bonifácio Andrade

Universidade do Minho, Portugal

João Luis Calmon Nogueira da Gama

Universidade Federal do Espírito Santo, Brazil

Jorge de Brito

Universidade de Lisboa, Portugal

Jorge Fernandes

Universidade do Minho, Portugal

Jorge Patrício

Laboratório Nac. de Engenharia Civil, Portugal

José Alí Porras-Salazar

Universidad de Costa Rica, Costa Rica

José Amarílio Barbosa

Universidade do Minho, Portugal

Jussara Farias Fardin

Universidade Federal do Espírito Santo, Brazil

Kamila Zamborlini Waldetário

Faculdades Integradas de Aracruz, Brazil

Karen Allacker

Catholic University of Leuven, Belgium

Liza Maria Souza de Andrade

Universidade Federal de Brasília, Brazil

Luciana Aparecida Netto de Jesus

Universidade de Vila Velha, Brazil

Luís Bragança

Universidade do Minho, Portugal

Manuela Almeida

Universidade do Minho, Portugal

Márcia Bissoli-Dalvi

Universidade Federal do Espírito Santo, Brazil

Maria Augusta Hermida Palacios

Universidad de Cuenca, Equator

Maria Beatriz Piderit Moreno

Universidad del Bío-bío, Chile

Maria de Fátima Castro

Universidade do Minho, Portugal

Maria do Carmo Duarte Freitas

Universidade Federal do Paraná, Brazil

Maria Elena Soldatti

Universidad Tecnológica Nacional, Argentina

Marta Monteiro da Costa Cruz

Universidade Federal do Espírito Santo, Brazil

Mattheos Santamouris

University of Athens, Greece

Maureen Trebilcock

Universidad del Bío-bío, Chile

Miguel Aloysio Sattler

Universidade Federal Rio Grande do Sul, Brazil

Monica Santos Salgado

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brazil

Muriel Iten

Universidade do Minho, Portugal

Nelson Porto Ribeiro

Universidade Federal do Espírito Santo, Brazil

Neyval Costa Reis Junior

Universidade Federal do Espírito Santo, Brazil

Nils Larsson

iiSBE, Canada

Norberto Santiago Odobez

Universidad Tecnológica Nacional, Argentina

Paulo Mendonça

Universidade do Minho, Portugal

Paulo Sergio de Paula Vargas

Universidade Federal do Espírito Santo, Brazil

Raquel Regina Martini Paula Barros

Universidade Metodista de Piracicaba, Brazil

Ricardo Franci Gonçalves

Universidade Federal do Espírito Santo, Brazil

Ricardo Mateus

Universidade do Minho, Portugal

Ricardo Nacari Maioli

Universidade Federal do Espírito Santo, Brazil

Robert Lamberts

Universidade Federal de Santa Catarina, Brazil

Rodrigo Garcia Alvarado

Universidad del Bío-Bío, Chile

Rogério Amoêda

Green Lines Institute, Portugal

Ronal Rovers

Zuyd University, The Netherlands

Sandra Monteiro Silva

Universidade do Minho, Portugal

Sergio Fernando Tavares

Universidade Federal do Paraná, Brazil

Solange Virginia G. Goulart

Universidade Fed. do Rio Grande do Norte, Brazil

Tarja Häkkinen

VTT Technical Research Centre of Finland, Finland

Thalita Gorban Ferreira Giglio

Universidade Estadual de Londrina, Brazil

Tomas Luetzkendorf

University of Karlsruhe, Germany



Contents

VOLUME I

Chapter 1 - Technologies for a sustainable built environment

Neglected Issues in Building Performance <i>Nils K. Larsson</i>	3
Escuelas productoras de energía: cosechando una nueva generación <i>Daniel Sosa Ibarra and Rodrigo García Alvarado</i>	13
Passive design strategies for building envelopes in different orientations <i>Elizabeth Parra Correa and Leidy Johana Ramírez</i>	23
Thermal Performance as a parameter of choice of materials: Brazilian Antarctic Station <i>Bruna Peronvano Sirtuli, Filipe Galina Costalonga, Cristina Engel de Alvarez and Edna Aparecida Nico-Rodrigues</i>	33
The use of calabashes as sound absorption alternative material <i>Marco Aurélio de Oliveira, Luís Bragança, Dinara Paixão, Getúlio Picada and Jorge Luis Pizzutti dos Santos</i>	43
The contribution of green roofs to mitigate urban heat island effect in Rio de Janeiro <i>Sarka Konasova</i>	51
Windows and Facades: Proposal of a Device for Increasing Performance for Natural Ventilation and Daylighting <i>Egon Vettorazzi, Helenice M. Sacht, Marcelo Langner and Darwin J. Camacho</i>	59
Wood Frame Housing System: Case Study and Application Potential for Low-Cost Housing in Foz do Iguaçu <i>Bárbara Brauhardt, Helenice Maria Sacht, Luís Bragança and Cesar Rodrigo Faraone Wing Chong</i>	69
Balcões refletores e a disponibilidade da iluminação natural em salas de aula: O caso do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus Colatina <i>Sirana Palassi Fassina and Andréa Coelho Laranja</i>	79

Green Roofs: Manual structure proposed for Brazilian cities <i>Priscila Nakamura and Andrea Naguissa Yuba</i>	89
Double Glazings: Spectrophotometric Characterization for Facade Modules <i>Helenice M. Sacht, Luís Bragança, Manuela Almeida, Heriberto O. Nascimento and Rosana Caram</i>	99
Industrial waste: Study for adding or partial replacement in Portland cement <i>Larissa Helena Carnielli Howat Rodrigues and Geilma Lima Vieira</i>	109
Characterization and Thermal Performance of a Compressed Earth Construction System for Improving Comfort and Achieving Energy Savings <i>José Roberto García Chávez, Luis Guerrero and Gabriel Morales</i>	119
Innovative skins and domotic systems: the technological design for residential buildings' energetic efficiency <i>Lucia Melchiorre and Antonella Della Cioppa</i>	129
LCA of waste PET particles as a partial replacement for sand in self-compacting concrete <i>Robson Zulcão Mello, Felipe Zanellato Coelho and João Luiz Calmon</i>	139
Analysis of concrete properties by incorporating wash water <i>Jeison Feltes, Marcelo de Melo, Daiana Cristina Metz Arnold and Adriana Teresinha da Silva</i>	149
The Thermal Influence of Envelopment in Naturally Ventilated Environments <i>Marlon Sérgio Manthay Oliveira, Izabela Oliveira Hofman, Edna Aparecida Nico-Rodrigues and Cristina Engel de Alvarez</i>	159
Heliodon's Use for the Development of Bioclimatic Architecture Projects in for the city of Araras, São Paulo - Brazil <i>Juliana M. A. do Nascimento, Helenice M. Sacht and Luís Bragança</i>	169
El uso de diseño paramétrico para la conformación de volúmenes de museos ambientalmente compatibles para el clima subtropical húmedo de Brasil <i>Laline Elisangela Cenci and Rodrigo García Alvarado</i>	179
Sustentabilidade em edificações na Região Metropolitana da Grande Vitória: Caracterização da amostra <i>André Magalhães Effgem, Aline Cuimbra Ribeiro, Nathalia Memelli Brandão, Wallason Fernandes Vieira, Aline Silva Sauer, Fabrícia Delfino Rembiski and Sandra Moscon Coutinho</i>	189
The influence of envelope variables on energy consumption in buildings in Vitória, Brazil <i>Ana Carolina Alves Bernabé, Ana Clara Alves Bernabé and Cristina Engel de Alvarez</i>	199
Viability for the use of foundry sand to reduce use of cement in cement concrete <i>Pedro Goecks, Cristina Eliza Pozzobon, Eduardo Rizzatti and Diorges Carlos Lopes</i>	207

Envelope assessment of university building on South Brazil reaching the eco-efficiency <i>Bianca Gasparetto Rebelatto, Marcos Antonio Leite Frandoloso and Rodrigo Carlos Fritsch</i>	217
Sustentabilidade em edificações na Região Metropolitana da Grande Vitória: Gestão de materiais de construção, resíduos e certificações ambientais <i>Daniela Paoli Thompson, Juliana Silva, Kevin Espicalski, Marina de SouzaRovetta, Natalia Correa Nunes, Aline Silva Sauer, Fabrícia Delfino Rembiski and Sandra Moscon Coutinho</i>	227
Uma proposta de diretiva ROHS Brasil: Exigências e desafios <i>Claudia Corrêa Torquato de Souza and Celso Romanel</i>	237
Estudo do comportamento mecânico de tijolos de solo-cimento cp-ii e solo-cimento cp-iii com fibra de sisal <i>Carolina Aquino Amador, Marina Monteiro Abreu Flecha Ferreira and Maruska Tatiana Nascimento da Silva Bueno</i>	245
Estudo de caso: Comparativo entre os orçamentos de uma escola urbana ou rural executada utilizando-se materiais convencionais e materiais não convencionais <i>Gabriel Vieira Lopes, Maria Luiza Oliveira Braga and Maruska Tatiana Nascimento da Silva Bueno</i>	255
A influência da tipologia da janela na iluminação natural: O caso da Estação Antártica Comandante Ferraz <i>Marina Silva Tomé, Daniela Pawelski Amaro Marins, Cristina Engel de Alvarez and Andréa Coelho Laranja</i>	265
Análise da aplicação de materiais de mudança de fase para armazenamento de energia em edifícios Portugueses <i>José Pinheiro, Catarina Araújo and Luís Bragança</i>	275
A iluminação natural no ambiente interno em função das aberturas <i>Indiara Maria Vieira Barbieri, Andréa Coelho Laranja and Cristina Engel de Alvarez</i>	285
Analysis of the Bernardo Mascarenhas Cultural Complex based on the criteria of sustainable development <i>Maria Teresa Barbosa, Claudia dos Reis Paiva and Daniel de Almeida Moratori</i>	295
Photovoltaic Powered Water System for an Indigenous Community in the Ecuadorian Amazon Rainforest <i>Parker Haerr, David Mulder, Tyler Peinado, Dhakshan Potuhera, Lonny Simonian and Paul Redden</i>	305
Rio de Janeiro's Flash Flood Warning System <i>Marlus Nilton de Oliveira, Cinthia Avellar Martins and Ricardo Marcelo da Silva</i>	313

Avaliação das propriedades de blocos de concreto intertravados, com estudo comparativo de misturas adicionadas de borracha de pneus inservíveis e resíduos de construção e demolição <i>Natália Barros Vianna de Oliveira, Paulo Henrique de Sousa Pereira and Jairo Furtado Nogueira</i>	323
Normative references and instruments for flexible housing design in Brazil <i>Raquel Regina Paula Barros and Vanessa Ingrid Leo</i>	333
Study of double windows efficiency in order to improve sound insulation in buildings <i>Marco Aurélio de Oliveira, Luís Bragança, Dinara Paixão and Jorge Luiz Pizzutti dos Santos</i>	343
Life cycle energy (LCEA) and carbon dioxide emissions (LCCO2A) assessment of roofing systems: conventional system and green roof <i>Julia Santiago de Matos Monteiro Lira and Rosa Maria Sposto</i>	351
Dificuldades na implementação do design builder no mercado brasileiro <i>Álvaro José Bremenkamp, Larissa Letícia Andara Ramos, Luciana Aparecida Netto de Jesus and Pedro Henrique Ribeiro Cortez</i>	361
The influence of the window in energy consumption A study in multi-family residential buildings <i>Filipe Galina Costalonga, Ana Karolina Marques de Oliveira, Edna Aparecida Nico-Rodrigues and Artur Moreira Rodrigues</i>	371
Electronic waste as coating for construction industry <i>Vanessa Koeler Gozzer, Giusilene Costa de Souza Pinho and Guilherme Pires Dalmaschio</i>	381
The housing in recycled container as an alternative to social housing: A comparative cost and productivity <i>Denise Aparecida de Souza and Giusilene Costa de Souza Pinho</i>	391
Contribution to Perturb and Observe Algorithm to Maximum Power Point Tracker for Photovoltaic Systems <i>José Alberto Nicolau de Oliveira and Leonardo Duarte de Albuquerque</i>	401
Analysis of Generation Photovoltaic Potential at NIPE Building <i>Paulo Henrique Breyner Saldanha de Oliveira, Jane Tassinari Fantinelli, Carla Kazue Nakao Cavaliero, Douglas Sermarini and Mauro Donizeti Berni</i>	411
Use of photovoltaic solar energy in built environments in accordance to NR 482/2012 and 687/2015 <i>Wemerson Rocha Ferreira, Wilson Pereira Barbosa Filho, Abílio César Soares de Azevedo, Antônio Henrique dos Santos, Lívia Maria Leite da Silva and Antonella Lombardi Costa</i>	419
The importance of vernacular strategies for a climate responsive building design <i>Jorge Emanuel Pereira Fernandes, Ricardo Mateus, Helena Gervásio, Sandra Monteiro Silva and Luís Bragança</i>	429

Chapter 2 - Nearly zero and positive energy built environments

A Portuguese study on building renovation towards a nearly zero energy building (nZEB) <i>Ana Mestre, Manuela Almeida and Muriel Iten</i>	441
Considerations on the energetic use of landfill biogas in MSW compactor-collector trucks <i>Luis Felipe de Azevedo Araujo, Tácio Mauro Pereira de Campos and Leonardo Augusto Lobato Bello</i>	449
Analysis and strategies on energetic efficiency <i>Lara Amorin Arthur and Alexandre Cypreste Amorim</i>	459
Bioclimatic architecture and energy savings of the urban housing in arid environments <i>Alejandra Kurbán, Mario Cúnsulo, Analía Alvarez, Eduardo Montilla and Andrés Ortega</i>	469
Daylight in the Museum: Luminance distribution study using HRD photographs <i>Maria Beatriz Piderit-Moreno, Camila Cáceres Lepin and Carolina Espinoza Sanhueza</i>	479
Sistema de cogeração de energia: O caso de uma indústria cerâmica <i>Viviani do Nascimento Souza Melotti, Gabriel Rigotti Alves de Deus, Aline Silva Sauer and Fabrícia Delfino Rembiski</i>	489
Inovação e integração de sistemas bioclimáticos em arquitetura para clima temperado: Perspectivas futuras <i>Fabrizio Tucci and Ingrid Fonseca</i>	499

Chapter 3 - The BIM concept applied to sustainable buildings and cities

The project performance simulation for more sustainable built environments and the Integrated Modification Methodology <i>Pedro Henrique Alves Negreiros and Gisele Silva Barbosa</i>	511
Building life cycle energy assessment on pre operation phase using BIM <i>Aline Medeiros Ferreira de Araujo and Sergio Fernando Tavares</i>	519
Interoperabilidade. Comparação entre os sistemas BIM e CAD <i>Argeu Leônidas Maioli Pretti, João Luiz Calmon and Cristina Engel de Alvarez</i>	529
Abordagem do BIM na produção científica brasileira: uma pesquisa bibliométrica <i>João Luiz Calmon, Marianne Cortes Cavalcante and Alberto Frederico Salume</i>	539
Life Cycle Assessment and Building Sustainability Certification Systems: Could Building Information Modelling tools ease this integration? <i>Cristiane Bueno and Marcio Minto Fabrício</i>	549
The use of BIM for the sustainable design <i>Bárbara Holzmann Mass, Sergio Scheer and Sergio Fernando Tavares</i>	559

Analysis and simulation of energy efficiency on platform BIM: A systematic literature mapping <i>Fernando Márcio de Oliveira and Leonardo Salazar Bittencourt</i>	569
Sustainable retrofit based on BIM <i>Laura do Carmo Baumgratz de Paula Larivoir</i>	579
Chapter 4 - Training and education to promote adoption of sustainable approaches	
Desenvolvimento de ferramenta para aplicação do conceito de projeto para manutenção no processo projetual <i>Isabela Stiegert and Marcos Martins Borges</i>	591
Proposición y potencial sostenible del Vídeo Poster Científico <i>Miguel Angel Tobias Martinez, Maria do Carmo Duarte Freitas, Avanilde Kemczinski, Francisco Daniel Costa and Livia Regina Nogueira Santos</i>	601
Centro Sociocultural da Vila Planalto em Brasília: participação comunitária no projeto visando as dimensões da sustentabilidade, ambiental, social, econômica e cultural <i>Debora de Boni Lima and Liza Maria Souza de Andrade</i>	611
Experiences and Sustainable Practices with the Elderly <i>Maria do Carmo Duarte Freitas, Rafaela Wille de Aguiar, Joana Gusmão Lemos, Murilo Kenji Cardoso, Rodrigo Eduardo Botelho-Francisco and Daniel Silva Paixão</i>	621
Avaliação da iluminação natural da casa popular eficiente da UFSM por simulações computacionais <i>Matheus Cargnelutti de Souza, Giane de Campos Grigoletti and Marcos Alberto Oss Vaghetti</i>	631
Isolamento a sons aéreos - NP EN ISO 16283-1 2014 procedimento geral vs procedimento de baixa frequência <i>Paulo Silva and Luís Bragança</i>	641
Análise Bioclimática em Arquitetura Modernista na Universidade de Brasília <i>Christine Pinto Lucas and Marta Adriana Bustos Romero</i>	651
Gravimetric Analysis as an Environmental Education Tool at the Polytechnic School of the University of Pernambuco <i>Juan Devyson Jose Camilo da Silva, Juliana Ferreira Bezerra Moccock, Bárbara Virginia Pereira Cavalcanti and Emilia Rahnemay Kohlman Rabbani</i>	661
Technologies to support methodological and management processes of video posters and/or video papers on technical-scientific events <i>Maria do Carmo Duarte Freitas, Avanilde Kemczinski, Daniel Cebrián Robles and Francisco Daniel Costa</i>	671
Aplicação de novas metodologias no curso de engenharia civil da UFES <i>Letícia Soares Rabbi Siqueira, João Luiz Calmon and Karla Moreira Conde</i>	681

Ensino da concepção arquitetônica bioclimática com auxílio de maquetes físicas e heliodon <i>Aline Silva Sauer, Sandra Moscon Coutinho, Flávia Moura de Mello and Jorge Luiz C6</i>	691
Cenário da reciclagem e reuso de resíduos da construção e demolição em Natal, RN – Brasil <i>Regina Lúcia Guimarães Nobre, Natalia dos Santos Mabel Oliveira, Taluane Balbino Araújo, Sergio Ricardo Costa Pereira, Vitor Ferreira Rêgo and Debora Nogueira Pinto</i>	701

VOLUME II

Chapter 5 - Sustainability assessment tools

Smart Cities: Selection of Indicators for Vitória <i>Carolina Simões Rocon and Cristina Engel de Alvarez</i>	713
Decision making process assisted by Life Cycle Assessment: Greenhouse gas emission <i>Ludimilla de Oliveira Zeule, Laís David Vinhal, Sheyla Mara Baptista Serra and Douglas Barreto</i>	723
Water sustainability assessment for the region of Curitiba <i>Caroline Oliveira de Castro, Óliver Cristian Santos Loureiro, Andreia Vieira Santos, Juvancir Silva and William Bonino Rauen</i>	733
Estrategias de diseño pasivo con luz día en cuartos de hospitalización doble <i>Lina J. Zapata-González and Maria Beatriz Piderit-Moreno</i>	743
Indicadores de Sustentabilidade em Balneários Suburbanos no Estado do Espírito Santo <i>Márcia Bissoli-Dalvi, Carolina Castilho Vizeu, Caroline Proscholdt Zamboni, Renata de Castro Vieira and Cristina Engel de Alvarez</i>	753
New tools for sustainable urban land regularization in permanent preservation areas: The 11.977/09 Brazilian Law Implementation <i>Bruna Pimentel Cilento, Julia Lopes da Silva, Laura Machado de Melo Bueno and Patricia Rodrigues Samora</i>	761
Assessing sustainable urban densification using geographic information systems <i>Natasha Cabrera-Jara, Daniel Orellana and M. Augusta Hermida</i>	771
Development of a retrofitting tool for classrooms <i>Manuel Alejandro Inostroza Pinares, Jeremy Michael Piggot Navarrete and María Beatriz Piderit-Moreno</i>	779
O SBTTool como base conceitual para retrofit de edifícios multifamiliares <i>Rhaina Fornaciari, Márcia Bissoli-Dalvi and Cristina Engel de Alvarez</i>	789

Construction of indicators systems tool for making decision to related stormwater management problems <i>Sidnei Pereira da Silva and Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira</i>	799
Proposta de Aprimoramento da ferramenta ISMAS - Estudo de Caso: Madeira Plástica <i>Márcia Bissoli-Dalvi, Caroline Proschholdt Zamboni, Carolina Castilho Vizeu, Mirna Elias Gobbi and Cristina Engel de Alvarez</i>	809
Análise da implantação do selo casa azul em edifício residencial multifamiliar <i>Ghérsika Barcelos Carrara, Miria Souza Pimentel, Thiara Lourett Neves, Aline Silva Sauer and Fabrícia Delfino Rembiski</i>	819
A conceptual model for sustainable development assessments <i>Juvancir da Silva and William Bonino Rauen</i>	829
The ASUS tool as a conceptual basis for proposing the inclusion of the sustainability concept in the formation of the Architect and Urbanist <i>Pâmela Pegoretti, Kamila Zamborlini Waldetario and Cristina Engel de Alvarez</i>	837
Integration of Experimental and Simulation Computer Fluid Dynamics to Improve Natural Ventilation in Buildings for Hygrothermal Comfort and Energy Savings <i>José Roberto García Chávez</i>	847
New geo-tools for urban studies <i>Daniel Orellana, Mateo Neira, María Laura Guerrero, Priscila Samaniego and M. Augusta Hermida</i>	857
The use of SBTool on public procurement: Challenges and opportunities <i>Marcia Castilho Correia, Monica Santos Salgado and Luís Bragança</i>	867
Influência das fontes de dados nas emissões de CO ₂ e no indicador de mudanças climáticas da indústria cimenteira brasileira <i>Pedro Cesar M. A. Abrão, Daniel Costa Reis and Vanderley M. John</i>	877
Impacto ambiental dos edifícios - Cenários França e Brasil <i>Laura do Carmo Baumgratz de Paula Larivoir and Pedro Kopschitz Xavier Bastos</i>	887
The trivialization of the sustainability in the civil construction <i>Bruna de Biase Pinheiro and Jessica Marins Piazzarollo</i>	897
Indicadores de desempenho ambiental de edificações: revisão da literatura <i>Eduardo Werneck Senger and Sérgio Fernando Tavares</i>	907
Tools for assessing sustainability in urban settlements: Case study of the Metropolitan Center neighborhood, Rio de Janeiro, applying the LEED ND environmental certification <i>Bianca Marinho Quintella Borges Soares</i>	917
Índices de CO ₂ para materiais de construção em edificações brasileiras <i>Sergio Fernando Tavares and Luís Bragança</i>	927

Instruments for Environmental Management: A Focus on Sustainable Innovation <i>Wilson Pereira Barbosa Filho, Abílio César Soares de Azevedo, Wemerson Rocha Ferreira, Antônio Henrique dos Santos and Livia Maria Leite da Silva</i>	937
An assessment of the CASBEE sustainability certificate in the context of Brazilian urban projects <i>Rafael Carvalho de Souza, Luciene Eveline Semedo Vaz and Ana Lúcia Torres Seroa da Motta</i>	947
Sustainable building: assessment tool in Brazil <i>Bruna Farhat Matos, Maria Teresa Barbosa, Maria Manuela Almeida, Camila Condorelli, Julia Furtado and Leander Braga</i>	955
Water loss indicators used in public water supply services in Brazil: Literature research and review <i>Edumar Ramos Cabral Coelho and Saulo Biasutti</i>	963
Eficiência de proteções solares horizontais externas para a latitude da cidade de São Paulo <i>Matheus Tonelli Santos, Maria Akutsu and Adriana Camargo de Brito</i>	973
Critical overview of urban sustainability assessment tools <i>Erika Guimarães, José Amarilio Barbosa and Luís Bragança</i>	983
The latest ISO 14001:2015 and its contribution to Sustainable Construction <i>Maria Livia Costa, Asher Kiperstok and Sandro Fábio Cesar</i>	993
Análise comparativa entre ferramentas de certificação ambiental relacionadas ao uso e gestão da água <i>Celso S. Bastos and Thais A. Rebello</i>	1003
Analysis methodologies fitness assessment of residential project sustainability for context Maceió - AL <i>Marcelle Maria Pais Silva Rebêlo and Gianna Melo Barbirato</i>	1013
Processo de Etiquetagem de Edificações (PBE Edifica): Uma revisão <i>Regiane Faria Giacomini and João Luiz Calmon</i>	1023
Brazilian building evaluation through reverse analysis based on environmental rating systems: a case study <i>Mônica Santos Salgado, Carolina Mendonça da Silva and Marco Aurélio Bittencourt Cunha</i>	1033
Chapter 6 - Adaptation of cities and buildings to climate changes	
Edificações verticalizadas e efeitos associados às condições térmicas em Belém, Pará <i>Andrezza de Melo Barbosa, Lucieta Guerreiro Martorano and Virginia Mansanares Giacon</i>	1045

Integrated system for energy optimization and reduction of building CO ₂ footprint <i>Ernesto Echeverría Valiente, Flavio Celis D'Amico, Fernando da Casa Martín, Manuel de Miguel Sánchez, Patricia Domínguez Gómez, Ignacio Delgado Conde, Alvaro Mozas Santander, Kevin Moreno Gata and Juan Manuel Vega Ballesteros</i>	1053
A influência da inércia térmica nas paredes externas em clima quente: uma revisão sistemática <i>Auriele Mazer Marques Silva, Ivan Julio Apolonio Callejas and Luciane Cleonice Durante</i>	1063
Analysis of the acoustic, thermal and luminous performance at the Instituto Federal de Minas Gerais (Federal Institute of Minas Gerais) – Santa Luzia <i>Luana Nolasco Rizzi Leles Ribeiro, Fernanda Fonseca de Melo Coelho and Wemerton Evangelista</i>	1073
Ventilação natural em escritório no Rio de Janeiro-RJ: Análise e propostas para o edifício Barão de Ladário <i>Marco Antonio Lacerda and Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos</i>	1083
Mudanças climáticas e patrimônio arquitetônico: Sítio histórico de Santa Leopoldina [ES] <i>Luciana da Silva Florenzano and Renata Hermann de Almeida</i>	1093
Climate Change Adaptation Plans in Latin American Cities <i>Bárbara César Barros and Ângela Maria Gabriella Rossi</i>	1103
Casa sustentável: Projeto residencial popular ecoeficiente <i>Fernanda Lorena Rabelo Oliveira, Daiany Larissy da Silva Padilha, Yngrid Araújo, Loïc Cochand, Othon Fernandes Fagundes and Debora Nogueira Pinto</i>	1113
Sustentabilidade no planejamento urbano: ilhas de calor <i>Ricardo Henrique Reginato Quevedo Melo, Evanisa Fatima Reginato Quevedo Melo, Rodrigo Henrique Reginato Quevedo Melo, Francisco Gerhardt Magro, Thiago Miranda dos Santos and Eduardo Madeira Brum</i>	1123
A seca e a desertificação e as mudanças climáticas em Cabo Verde <i>Luciene Eveline Semedo Vaz, Rafael Souza and Ana Motta Seroa</i>	1133
Chapter 7 - Mitigation of impacts in urban areas	
Traffic Quality Index to intersections considering fuel efficiency <i>Fabianne Miranda Aguiar, Marta Monteiro da Costa Cruz, Gregório Coelho de Moraes Neto and Adelmo Inacio Bertolde</i>	1143
Noise impact of urban mobility changes: Charitas tunnel case study <i>Sergio Portela Prange and Julio Cesar Boscher Torres</i>	1153

De basural a parque urbano; propuesta de regeneración urbana para la mitigación de impactos generados en la gestión de residuos en la ciudad de Coronel, Chile <i>Carolina Catrón Lazo and Ricardo Azócar Ulloa</i>	1163
Project guidelines for construction of biodigesters in poor communities in Brasil <i>Lizelda Maria de Mendonça Souto, Viviany Nogueira, Emilia Rahnemay Kohlman Rabbani, Ana Rita Drummond and Sergio Peres</i>	1173
“Green Ports” and the Port of Santos <i>Bianca Lima Pereira, Eneias Santos da Silva, Tuani de Godoy Ferreira and Adilson Luiz Gonçalves</i>	1183
Occupancy patterns and building performance. Developing occupancy patterns for Portuguese residential buildings <i>José Amarílio Barbosa, Ricardo Mateus and Luís Bragança</i>	1193
Green Roofs Storage of Rainwater Alternative Systems <i>Paula Gonçalves Sobreira, Adilson Souza Junior, Guilherme Schafer Maron, Plínio Corral de Freitas and Maria Tereza Pouey</i>	1201
The development and performance of plant species in Brazilian extensive green roofs <i>Adriane Cordoni Savi, Maria Isabel Seibel Reis and Sergio Fernando Tavares</i>	1211
As grandes cidades e os cemitérios urbanos: Análise comparativa do abandono dos edifícios altos nas cidades de Detroit, São Paulo e Johannesburgo <i>Amanda Coffi Andrade, Miguel Aloysio Sattler and Pablo Andrés Rangel Pacheco</i>	1221
O impacto do tráfego viário em sítios históricos urbanos: Avaliação em Santa Leopoldina - ES <i>Angélica Maria Fonseca Dornelas and Renata Hermannny de Almeida</i>	1231
Benefícios da captação de água pluvial para a gestão urbana de recursos hídricos <i>Livia Tavares Cosentino and Marcos Martins Borges</i>	1241
Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos em Vitória da Conquista – Bahia –Brasil <i>Mary Anne Assis Lopes de Oliveira</i>	1249
Chapter 8 - Contributions and consequences of urban landscaping	
Qualitative Analysis of Urban Tree Arborization in the Streets of São Carlos (São Paulo/Brazil) <i>Gustavo D’Almeida Scarpinella, Simone Cristina de Oliveira and Ricardo Siloto da Silva</i>	1259
A vegetação urbana como condicionante de mitigação de ilhas de calor <i>Brenda Alves Silva, Tatiana Camello Xavier and Cristina Engel de Alvarez</i>	1269

Arborização e sustentabilidade urbana: Revitalização da Praça Marechal Floriano, em Passo Fundo/RS <i>Tayana Brum Pires, Evanisa Fatima Reginato Quevedo Melo, Francisco Gerhardt Magro, Ricardo Henryque Reginato Quevedo Melo, Rodrigo Henryque Reginato Quevedo Melo and Janaine Gobb</i>	1279
Avaliação e Caracterização dos Espaços Livres no Campus de Goiabeiras/UFES (Brasil) <i>Gabriela da Conceição Bolssoni, Juliana Amaral Dias Vieira, Laryssa Teixeira de Aquino Hülle, Ricardo Nacari Maioli and Paulo Sergio de Paula Vargas</i>	1287
Estudo das áreas verdes e espaços de uso público em Vila Velha – ES <i>Suzany Rangel Ramos, Larissa Leticia Andara Ramos and Luciana Aparecida Netto de Jesus</i>	1297
The Sound of the Landscape - Prainha, Vila Velha, ES <i>Deborah Martins Zaganelli and Clara Luiza Miranda</i>	1307
Avaliação da contribuição da vegetação para a amenização de ruídos urbanos em praças <i>Vivian Albani, Leandro Camatta de Assis, Bruno Giorgio D'Alessandri Martins, Nayara Salera Malta and Bruna Bredofw Perim</i>	1315
Desenhando com a água no meio urbano - Padrões espaciais de infraestrutura ecológica e crescimento urbano inteligente <i>Liza Maria Souza de Andrade, Bruna Bacelar Pontes Melo and Angela Pereira Viana</i>	1325
Paisagismo e arquitetura através de Burle Marx <i>Aline Sampaio de Mello Guimarães</i>	1335
Avaliação Pós-Ocupação (APO) e conforto térmico em espaços públicos abertos na periferia da cidade de Salvador-BA <i>Neila Lima Branco, Rita Dione Araujo Cunha and Telma Cortsê Quadros de Andrade</i>	1345
Urban water environment intervention: Analyses of the urban-environmental interaction <i>Francisco José Cardoso and Laura Bueno de Melo Machado</i>	1355
Environmental justice and landscape: Urban rivers in question <i>Ivaldo Lima</i>	1365
Conforto ambiental: Praça Tamandaré na cidade de Passo Fundo – RS <i>Evanisa Fatima Reginato Quevedo Melo, Janaine Gobb, Tayana Brum Pires, Shauane Manfro, Ricardo Henryque Reginato Quevedo Melo and Rodrigo Henryque Reginato Quevedo Melo</i>	1373

VOLUME III

Chapter 9 - Urban planning for sustainable communities

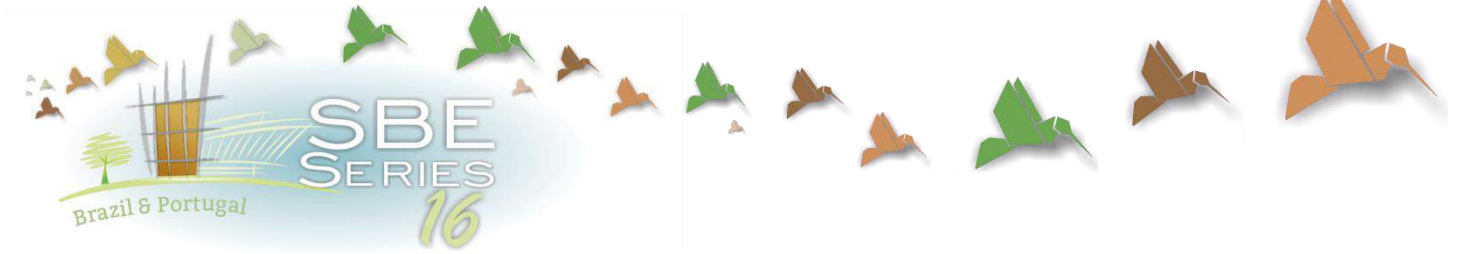
Historic relationship between urban dwellers and the Tomebamba River <i>Pablo Osorio, Mateo Neira and M. Augusta Hermida</i>	1385
Diagnosis of occupation at Itapemirim river marginal areas <i>Tainah Virgínia Cypriano Penna and Eneida Maria Souza Mendonça</i>	1395
Life Cycle Assessment of Electric Vehicle Considering Locally Generated and Stored Energy <i>Luiza Diniz de Oliveira Câmara, Tina Dettmer, Patricia Edge and Celso Romanel</i>	1405
Residências sem afastamentos laterais e luz natural: Um estudo de caso <i>Ana Paula Machado de Castro and Érica Coelho Pagel</i>	1415
Urban metabolism and food flows: The municipality of Feliz, State of Rio Grande do Sul, Brazil <i>Eugenia Aumond Kuhn, Miguel Aloysio Sattler and Lucas Dorneles Magnus</i>	1425
Avaliação do PMCMV pela metodologia “Sustentabilidade e Qualidade da Forma Urbana” <i>Maria Raquel Barbosa Duarte and Liza Maria Souza de Andrade</i>	1435
Sustentabilidade em foco: benefícios da implantação de uma obra de arte como alternativa de acesso <i>Ricardo Henryque Reginato Quevedo Melo, Evanisa Fatima Reginato Quevedo Melo, Rodrigo Henryque Reginato Quevedo Melo and José Humberto Quevedo Melo</i>	1445
Fischer River catchment urban flooding - mitigation and participatory management <i>Teresa Lindoso and Luciene Pimentel da Silva</i>	1453
New urban and neighborhoods: From theory of practice in Brazilian reality <i>Vanderlei Fabiano G. do Monte, Cristiano Capellani Quaresma and Rafael Barreto Castelo Cruz</i>	1463
A Inserção da Qualidade Ambiental Urbana no Conjunto Habitacional de Interesse Social Zorilda <i>Deize Sbarai Sanches Ximenes and Catharina Christina Teixeira</i>	1473
Design recommendations for residential neighborhoods of socio-environmental value <i>Karla Moreira Conde and Silvia Mikami Pina</i>	1483
The search for self-sustainability: the case of Campina community <i>Edilson Raimundo Silva and Simone Rosa da Silva</i>	1493

Elaboração de um mapa acústico na área central do Município de Frederico Westphalen, RS, Brasil <i>Alessandro Alves, Joani Paulus Covaleski, Angelica Vestena Baggio and Gabriela Sturzbecher</i>	1501
Analysis of sustainability in the Brazilian housing production: The case of AP4 - Rio de Janeiro <i>Andrea Borges de Souza Cruz, Mauro César de Oliveira Santos, Adriana Fiorotti Campos and Daniella Amorim Gomes</i>	1511
Planejamento sustentável aplicado ao eixo do rio Tietê <i>Felipe Madio Oliveira and Deize Sbarai Sanches Ximenes</i>	1521
Outdoor ventilation and urban planning: comparative study between climatic measurements and CFD simulation <i>Fabiana Trindade Da Silva, Elisa Velentim Goulart, Cristina Engel de Alvarez and Neyval Costa Reis Jr.</i>	1531
Sustentabilidade e Projetos urbanos: a interação da forma urbana com a dinâmica social em países em desenvolvimento <i>Rafael Barreto Castelo da Cruz, Karin Regina de Casas Castro Marins, Fabiano Monte and Cristiano Capellani Quaresma</i>	1541
Comparative Analysis of urban efficiency in medium-sized cities through Hidricidade indicators <i>Giovana Ulian and Miguel Pino Quilodrán</i>	1551
Mapeamento temático e suas aplicações no planejamento urbano sustentável <i>Ricardo Henryque Reginato Quevedo Melo, Evanisa Fatima Reginato Quevedo Melo, Rodrigo Henryque Reginato Quevedo Melo and Francisco Gerhardt Magro</i>	1561
Household Waste Management: a preliminary assessment of urban planning solutions <i>Ricardo Tierno and Karin Regina de Casas Castro Marins</i>	1569
Patchwork of industrial neighborhoods around São Paulo core area: Case study <i>Adilson Costa Macedo, Gastão Sales and Maria Isabel Imbronito</i>	1579
Ecology and environment, an urban scale comparative study between contemporary and vernacular city of Nablus <i>Fajer Ali Al Tawayha, Luís Bragança and Ricardo Mateus</i>	1589
Hacia Ciudades Inteligentes en Latinoamérica <i>Andrea Karina Scremin Aquilino and Ângela Maria Gabriella Rossi</i>	1599
The Sound of the Landscape: through downtown plazas of the city of Vitória, ES <i>Deborah Martins Zaganelli and Clara Luiza Miranda</i>	1609
Urban Housing as Possibilities of Sustainable Communities <i>Rosa Maria Locatelli Kalil and Adriana Gelpi</i>	1619

Urban housing design by the Educandos Igarape, in Manaus, AM <i>Raquel Regina Martini Paula Barros and Marina Zappia de Santana</i>	1629
Comparative assessment of sustainability strategies applied to urban neighbourhoods in Brazil, Germany and Sweden <i>Karin Regina de Casas Castro Marins</i>	1639
Impact of greywater reuse on domestic wastewater flow rate in a multi-storey building in Brazil <i>Karolyna Costa Aguiar and Ricardo Franci Gonçalves</i>	1649
Chapter 10 - Sustainable urban mobility and accessibility	
Comparative analysis of factors affecting the cyclists' route choice <i>Isabel Cristina Nunes de Sousa and Suely da Penha Sanches</i>	1661
The construction of Walkability Index in Cambé City - Paraná - Brazil <i>Monica Cristina Nishikawa Motomura, Larissa Casaril da Fontoura and Milena Kanashiro</i>	1669
The role of the government in the implementation of accessibility on sidewalks <i>Amabeli Dell Santo, Marília Oliveira Soares and Mateus Bernardo Scussulim Saloto</i>	1677
Transportation Systems and Land Use Planning: The Case of the Metropolitan Region of Rio de Janeiro <i>Bernardo Serra and Ângela Maria Gabriella Rossi</i>	1687
Verificação do Desempenho Acústico de Pavimentos em CPA na rodovia BR158 <i>Alessandro Alves, Gabriela Sturzbecher, Joani Paulus Covaleski and Bibiana Zandoná</i>	1697
Desenvolvimento orientado do trânsito no novo contexto da participação do cidadão <i>Pedro Henrique Alves Negreiros and Gisele Silva Barbosa</i>	1707
Proposal of a Social Index for Sidewalk Quality in Large Brazilian Cities <i>Livia Brigagão, Jean Marcel Faria Novo and Celso Romanel</i>	1715
Índice de qualidade de calçadas: em cidade média <i>Vanessa Tibola Rocha, Luciana Londero Brandli, Rosa Maria Kalil Locatelli, Pedro Pietto and Cristiane Tiepo</i>	1725
A Sustainable Mobility Index to Assess the Public Transport Quality in the City of Rio de Janeiro <i>Alexandre de Oliveira Brandão, Jean Marcel de Faria Novo and Celso Romanel</i>	1733
Infrastructure for accessibility at university campus <i>Adriana Gelpi, Rosa Maria Locatelli Kalil, Wagner Mazzeto de Oliveira and Nelita Pretto</i>	1743

What is the most efficient type of transport for your city – Study case of Rio de Janeiro city <i>Frederico Delphino Fenerich</i>	1753
O Sistema Aeromovel como Proposta de Extensão da Linha 4 do Metrô do Rio de Janeiro (Barra da Tijuca) <i>Ricardo Atta Abrahão, Fernando Luiz Cumplido Mac Dowell da Costa and Celso Romanel</i>	1759
A percepção do Conforto e da Segurança das ciclovias e ciclofaixas em Vitória-ES (Brasil) a partir de seus usuários <i>Malena Ramos Silva, Jordano Francesco Gagno de Brito, Júlia Leal Rabello and Cristina Engel de Alvarez</i>	1767
Mobilidade urbana sustentável e acessibilidade: Estratégias de infraestrutura verde para reabilitação do centro de Vitória-ES <i>Daniella do Amaral Mello Bonatto and Larissa Rangel</i>	1777
Chapter 11 - Governance and strategies for a sustainable built environment	
LEED Certification and the new Standard of Sustainable Construction in Colombia <i>Andrés Peláez Ospina, Alexander González Castano and Laura Marín Restrepo</i>	1789
Socioeconomic study of domestic water consumption in the Federal District, Brazil <i>Daniel Sant'Ana</i>	1799
Assessment criteria for the level of integration of urban water and land use management <i>Ana Paula Justi and William Bonino Rauen</i>	1809
Relevance of embodied energy on building retrofit assessment <i>Manuela Almeida, Ricardo Mateus, Marco Ferreira and Ana Rodrigues</i>	1819
The influence of glazed balconies in the thermal comfort in an urban tropical region <i>Érica Coelho Pagel, Cristina Engel de Alvarez and Neyval Costa Reis Júnior</i>	1829
Sustentabilidade em edificações na Região Metropolitana da Grande Vitória - Gestão de água e de energia <i>Luana Bermond Marques, Ingrid Pizetta Dias, Livia Romano Brocco, Carolina S. Silva, Aline Silva Sauer, Fabrícia Delfino Rembiski and Sandra Moscon Coutinho</i>	1839
Selective Demolition of Buildings as Sustainable Strategy <i>Andreia Moreira Martins, Daniel da Costa Reis and Márcio Minto Fabrício</i>	1849
Application of the "ladder of citizen participation" to the analysis of the São Paulo Master Plan revision process <i>Rafael Barreto Castelo da Cruz, Flavia Mendes de Almeida Collaço and Karin Regina de Casas Marins</i>	1859

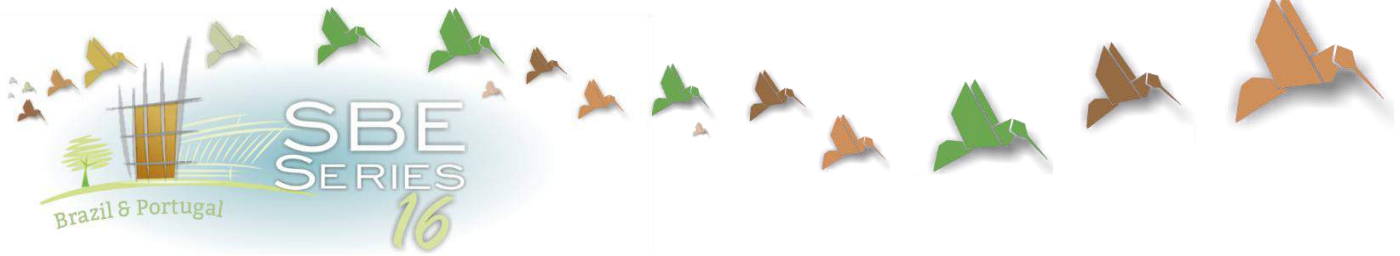
Analysis of the Portuguese building retrofitting market <i>Catarina Araújo, Manuela Almeida and Luís Bragança</i>	1869
Standardization of water loss indicators in water supply services: The experience of regulatory agencies in Brazil <i>Edumar Ramos Cabral Coelho and Saulo Biasutti</i>	1879
Integrated Management of Urban Solid Waste in Municipality of Paty do Alferes <i>Isabela da Rocha Santos Vieira Muniz</i>	1887
Intervenções urbanas em áreas portuárias desativadas, com bases sustentáveis: Projeto Parque Das Nações, Lisboa <i>Mariana Altoé Maciel and Emanuella Sossai Altoé</i>	1897
Análise da aplicação das Políticas Públicas Urbanas Brasileiras como instrumentos para o planejamento sustentável das cidades <i>Giovana Ulian, Miguel Pino Quilodrán, Fabio Scopel Vanin and Mirian Lacerda Brito</i>	1907
Impactos energéticos e econômicos de medidas de eficiência energética em projetos de HIS <i>María Andrea Triana Montes, Roberto Lamberts and Paola Sassi</i>	1917
Urban sustainability and mobility in São Paulo city's 2002 and 2014 master plans. A comparative analysis <i>Beatriz Martins Arruda, Erika Soares Carvalho Vilela, Patricia Rodrigues Samora and Luiz Augusto Maia Costa</i>	1927
Sensitive approach to slum upgrading process: The case of Vale dos Guedes <i>Laura Santos Granja and Letícia Maria de Araújo Zambrano</i>	1937
A evolução do marketing da sustentabilidade no mercado imobiliário do Espírito Santo <i>Márcia Bissoli-Dalvi, Mariany Abreu de Oliveira, Suelem Bertollo Marques and Cristina Engel de Alvarez</i>	1947
Análise de qualidade ambiental do novo modelo integral de escola no Espírito Santo: Programa "Escola Viva" <i>Pedro Henrique Ribeiro Cortez, Luciana Aparecida Netto de Jesus, Larissa Leticia Andara Ramos and Álvaro José Bremenkamp</i>	1957
Escolas e Sustentabilidade: Projetando estratégias para uma arquitetura mais sustentável <i>Alessandra Bonotto Hoffmann Paim, Amanda Coffi Andrade, Desireé Kuhn, Miguel Aloysio Sattler and Thaís Stumpf Trenez</i>	1967
Hospital ambience: Qualification of spaces and perception and environmental awareness <i>Cristiane N. Silva and Leonardo A. Ferreira</i>	1977
Building environment construction studies in Brazil <i>Luci Ines Bassetto, Maclovia Correa da Silva and Eloy Fassi Casagrande Junior</i>	1987
Life cycle energy assessment of a light steel framing house in Brasilia city <i>Lucas Rosse Caldas, Júlia Santiago de Matos Monteiro Lira and Rosa Maria Sposto</i>	1997



Chapter 1

Technologies for a sustainable built environment

SBE16 Brazil & Portugal
Sustainable Urban Communities towards a Nearly Zero Impact Built Environment
ISBN: 978-85-92631-00-0



Neglected Issues in Building Performance

Nils K. Larsson

Executive Director, International Initiative for a Sustainable Built Environment (iiSBE)

larsson.iisbe@gmail.com

ABSTRACT: The paper outlines a number of potentially very useful building performance concepts that have been ignored, forgotten or only partially adopted. The idea explored in this paper is that, despite many significant advances in specialized fields, there are also many issues that remain outside the mainstream of building research, guidelines or conventional wisdom. Some of these are technically challenging to integrate into current body of knowledge, but others remain "outside the tent" for reasons that are difficult to justify.

The review of neglected issues in building performance includes the Integrated Design Process (IDP) and Predicted v. Actual performance, which are both recognized as being important but are not fully implemented. The differences between Source, Primary and Delivered energy are well recognized by energy specialists, but not by many professionals. There is a major misconception about Zero or Nearly Zero definitions amongst some professionals and almost all professional publications, or perhaps such groups are choosing to disregard the importance of embodied energy and emissions in the lifecycle environmental impacts of buildings. The differentials between Predicted and Actual performance are beginning to become recognized as being important, but need more visibility. An issue related to metrics, occupant density and annual person-hours, is something that is generally ignored but should not be, since it places energy and emission results in a much more realistic context. Weighting in rating systems is another metric-related issue which must be resolved if rating results are going to have any meaning beyond marketing value. The prospect of Synergy Zones offers the possibility of improved performance within small urban areas, but the problems posed by management complexity will be difficult to overcome. Finally, going "off the grid" with large buildings is clearly a bad idea.

Keywords *design process, integrated design process, IDP, source energy, primary energy, delivered energy, zero energy, nearly zero energy, predicted performance, actual performance, occupancy patterns, rating systems, weighting, Synergy Zones, off the grid*

1. NEGLECTED ISSUES

1.1 The importance of the design process

One source of support for the idea that the structure of design process can have a major impact on the resulting performance of the building is the experience gained from a small Canadian demonstration program for high-performance buildings, the C2000 program, which was developed and managed by Natural Resources Canada (NRCan), with the author as developer of the requirements and manager of the process (Larsson, 2009).

One feature of the program was the provision of funding to cover what were expected to be significant incremental costs for high-performance systems necessary to reach the challenging performance goals of the program. Another important aspect was that efforts were made to have the client, architects, engineers and specialists to work as a team. This aspect proved to be very successful and resulted in most performance goals being reached at significantly lower costs. The design support process used in the C-2000 program came to be referred to as the *Integrated Design Process* (IDP), and all project interventions in the program came to be focused on providing advice on the design process at the very early stage of design.

The work at NRCan led iiSBE to develop an IDP tool (Larsson 2000-2009) allows the design team leader to easily identify which of the key actors in the process should be involved at each step of the process. In parallel with the development of IDP concepts in the C-2000 Program, the International Energy Agency (IEA) launched a working group called Task 23, which focused on the same ideas, but on a more theoretical plane. The work of Task 23 led to a guideline (Löhnert, Dalkowski and Sutter, 2003).

IDP may be thought of as a process that, at the minimum, helps clients and designers to avoid bad decisions and at best, supports a search for optimal performance. Another key aspect of IDP is that small errors made early in the process tend to spread their influence in a major way as the design progresses.

The use of IDP is especially important in early phases of the process. At this stage, architects and engineers almost never question the client's initial space and performance requirements, as expressed in the functional program, and their focus is on developing a design that implements the client's requirements. This approach overlooks the fact that bad decisions, including unnecessary facilities or excess space requirements, are often to be found in the functional program and spread their influence through all the later stages in the process.

If the goal is to produce a high-performance building, this excess must be challenged and this can be done by including the client in frank discussions about the functional program requirements at the very beginning of the design process. The figure below shows a simplified graphic of major steps in the IDP process:

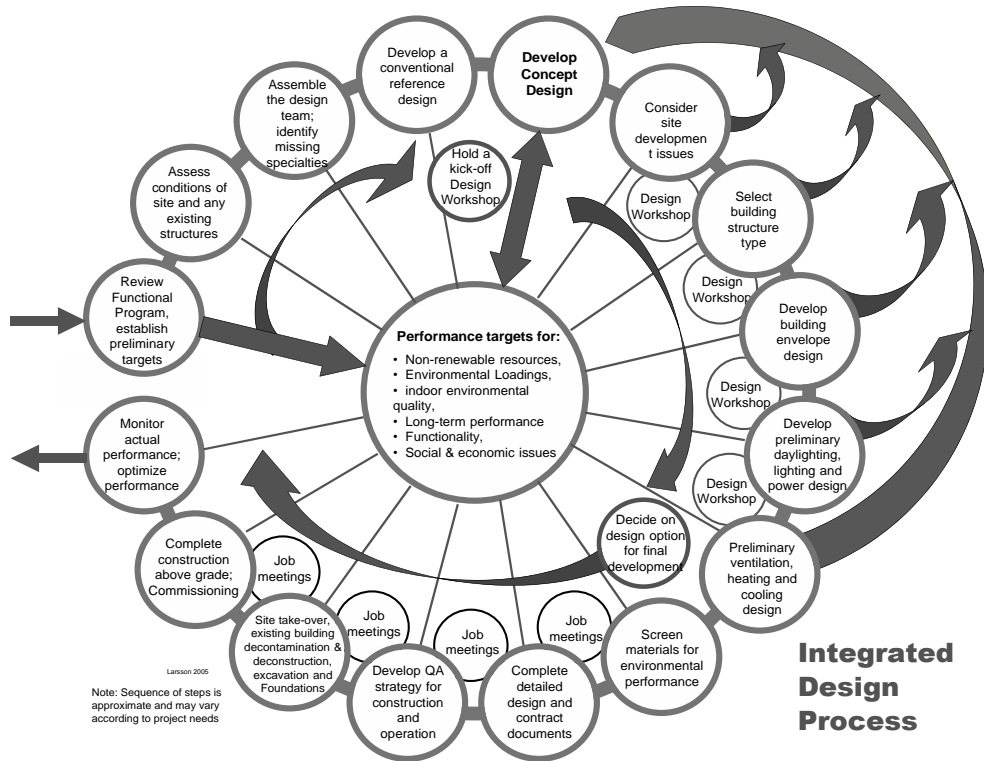


Figure 1. A simplified graphic representation of the IDP process (Larsson, 2008)

IDP is now generally recognized to be important in supporting high performance, but it is still not standard practice, and some elements of the design process, especially the development of the functional program, is still not considered.

1.2 Source, Primary and Delivered energy

There is widespread confusion, except within narrow specialist circles, of the differences between Source, Primary and Delivered energy. Most professionals are content to describe energy performance in terms of the sum of annual metered electricity plus the energy content of fuels (gas, oil) used on site to produce heat. These are actually not comparable quantities, since the fuel used to provide heat undergoes efficiency losses in combustion processes, even if combustion equipment is highly efficient.

A further complication is that the delivered electricity is the end result of a series of efficiency losses, starting with efficiency losses at the remote power plant in the generation of power from raw fuels. For example, the International Energy Agency estimates (Petersen, Torcellini and Grant, National Institute of Building Sciences, 2015) that electricity that is produced in a coal-fired boiler may lose about 60% of its potential energy in the combustion process, and that is before accounting for distance-related transmission losses in the grid.

Delivered energy is easier to deal with in the calculations used to assess energy efficiency, but in view of the factors outlined above, it can be very misleading. These issues become especially important as we focus on Greenhouse Gas (GHG) emissions, since the same amount of energy produced by coal in Warsaw or by hydro-electricity in Oslo will have source emissions that may differ by a factor of about 3.

1.3 Zero energy or nearly zero buildings

Zero Energy or Nearly Zero Energy buildings have recently become very popular at policy, program and project levels. For example, the introduction to the European Commission web page on Energy states that:

Nearly zero-energy buildings have very high energy performance. The low amount of energy that these buildings require comes mostly from renewable sources.

The Energy Performance of Buildings Directive requires all new buildings to be nearly zero-energy by the end of 2020. All new public buildings must be nearly zero-energy by 2018.

A recent publication by the U.S. government (NIBS, Sep. 2015) provides a somewhat different definition:

A Zero Energy Building (ZEB) is an energy-efficient building where, on a source energy basis, the actual annual delivered energy is less than or equal to the on-site renewable exported energy.

The NIBS definition clearly states that we are referring to the operating phase of the building's life cycle, but even this very useful paper does not discuss the relationship between energy consumption during the construction and operating phases. This would be reasonable if there was no connection between energy used to construct the building, but that is not the case. Ten or more years ago, a rule of thumb often used was that initial embodied energy was equivalent to a few years of operating energy, but recent improvements in operating performance (which reduces operating energy) is strongly related to the use of better and/or more materials (which increases initial embodied energy). For example, the greater initial embodied energy related to more thermal mass and the more frequent use of triple glazing constitutes a partial trade-off with better operating performance.

This relationship leads to the conclusion that a more logical metric than operating energy would be life-cycle energy, blending embodied and operating energy values into a unified *life-cycle energy* measure. Although a desirable goal, some problems immediately come to mind: to place initial embodied energy on the same footing as operating energy, we need to amortize the embodied energy over the building's life span to provide an annual figure, and this is somewhat difficult to predict. A second problem is that as soon as the building's life span (say 60 or 75 years) is considered, we must also factor in recurring embodied energy resulting from the replacement of building envelope elements, mechanical equipment and indoor fit-up components. Finally, a practical problem is the difficulty of tracking down the embodied energy values of diverse building elements, and then there is the question of identifying the manufacturers' source energy and emission values. Clearly, integrating embodied energy and emissions into a life-cycle measure is a very complex matter.

Nevertheless, life-cycle emissions is the only factor that is relevant to the environment and climate change and therefore we must attempt to deal with it, even if the difficulties mentioned will make it impossible to be exact. Therefore we must be very clear as to not mislead the industry into thinking that zero operating energy is a total solution.

1.4 Predicted v. actual performance

Most designers concern themselves with the potential performance of the building as predicted at the time of design by means of their experience with similar designs or by using simulations. Building operators and managers are more concerned with the actual performance during operations, usually assessed at least two years after construction in order to reduce the variability that occurs as new systems are managed by new operators.

Predicted and Actual energy performance values can be quite different, as iiSBE Canada's experience in Post-Occupancy Evaluations in 2013-14 showed (Bartlett, K; et al, October 2014). Nine buildings were assessed by a team of researchers from 3 Canadian universities, with their predicted and actual performance, in categories of energy, emissions, water and indoor environment performance being compared with reference performance benchmarks. The energy use intensity results show a wide variation between the three sets of data, as shown in Fig. 2.

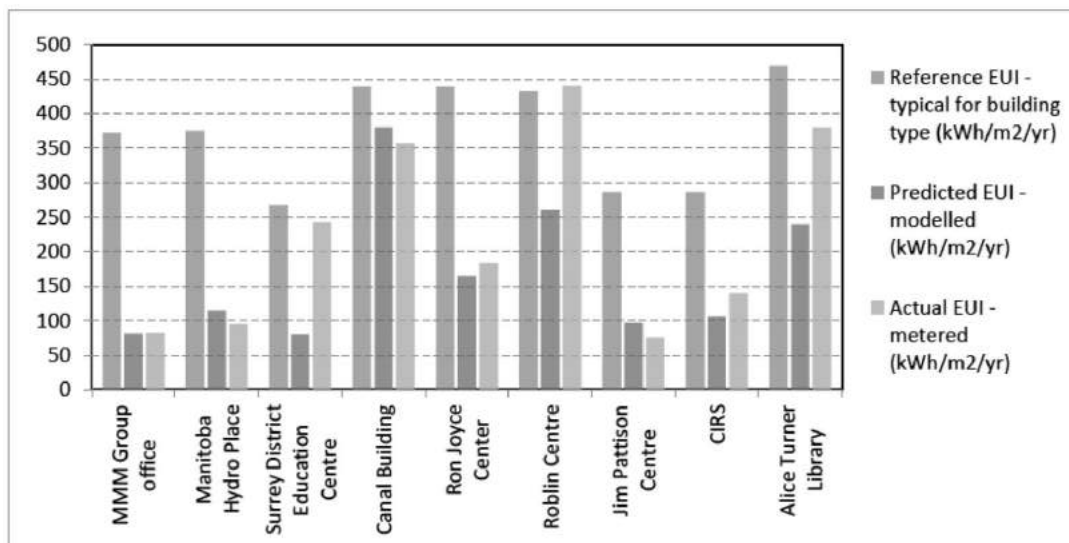


Figure 2. Comparison of building EUI predicted, actual and reference in Canadian POE study

Two of the study's conclusions are germane to this discussion:

1. Actual building occupancy (i.e., hours of operation and occupant load) can be very difficult to determine if not monitored and recorded on an ongoing basis;
2. Building occupancy often changes significantly from the original design assumptions, which can have significant impact on actual energy and water use.

1.5 Occupants and their occupancy patterns

The number of occupants is a useful factor to relate to energy or water consumption, but the simplicity of the metric is deceptive. During the design phase, most predictions about energy, emissions or water performance are normalized according to the building area (e.g. kilowatt hours per gross or net m² or kWh/m²*yr.) or, in the case of water consumption, by the number of occupants (e.g. litres per person per year, or LPP*yr).

When a building is in its operational phase, however, the number of occupants at any given time may be quite different from the original assumptions. This can be a result of

one or several of the following factors:

- The building is not fully rented, therefore one or more floors are empty or partly occupied;
- Uses have been located in the building have uses that are different from the original assumptions, such as a ground-floor café with high energy usage due to kitchen equipment.
- Operating hours may have changed. It will readily be seen that an office that shifts from a regular 35- or 40-hour week to a more intense pattern will increase energy and water consumption. This need not be a shift that applies to all occupants; it could be floors that are partly occupied on weekends or nights.

The Canadian study previously cited provides an example of this kind of issue:

This multi-use academic building is home to a university department, housing students, faculty, and support staff. The building has a main floor cafeteria, computer lab, and lecture hall The fourth floor is currently unfinished, though it is partially conditioned. The building hosts special events on many evening and weekends, an expected occupancy load of the building, but one that is difficult to measure accurately.

This example shows that some building types, such as academic buildings, have occupancy patterns that are more difficult to predict than others. In such circumstances, reporting performance results to two decimal places is definitely unwarranted.

The question of what metric is most suitable to report operating performance remains. In the iSBE SBTool system, most performance results are normalized in order to account for both the number of occupants and their hours of attendance. SBTool provides results normalized both by area or per person, and also by million annual person hours (maph).

1.6 Weighting in rating systems

All commercial rating systems have some form of mechanism to weigh the relative importance of the performance criteria, and several are trying to make these weights increasingly science-based. However, if we look at some major commercial systems, the weighting is only done within major issue areas, such as Energy, Indoor Environment etc. All these systems provide overall integrated scores, and they produce the weighting between issue areas by having expert panels produce weights for these major categories. For example, LEED v4 allocates weights to impact categories as follows:

35%	Climate change;	20%	Health & well-being;
15%	Water resources;	10%	Biodiversity;
5%	Green economy;	5%	Social equity, community health;
10%	Natural resources.		

This kind of weighting scheme is simple to apply, but its main problem is that it is based on a consensus by an expert panel, and it is applied at the level of impact categories, not at individual criteria levels. The case of LEED poses a more severe problem because of its widespread use, which means that standard weights are allocated to hugely different regional conditions. For example, if a 15% weight for Water Resources is appropriate for a location with average rainfall and aquifer conditions, how can it also be appropriate for the States of Nevada (24 cm annual rainfall) and for Hawaii (179 cm)?

Weightings for the German DGNB rating system are also based on the work of expert panels, and have similarly dubious credibility. Site quality is not weighted. The DGNB weighting schema has a clean and simple structure, but the basis of these allocations is not credible. The DGNB weights are:

- 22.5% Environmental quality;
- 22.5% Sociocultural & functional quality;
- 10% Process quality.
- 22.5% Economic quality;
- 22.5% Technical quality;

The HK BEAM case is also based on expert consensus, but it is at least grounded in the experience of one physical location, which presumably explains the high weight for Site. HK-BEAM allocates weights as follows:

- 25% Site;
- 35% Energy use;
- 20% Indoor environmental quality.
- 8% Materials;
- 12% Water use;

SBTool provides an algorithm that allocates percent weights based on type of criterion, its estimated impact, duration and extent, with a modification for local conditions. While far from being perfect, this approach is a vast improvement on existing systems. The SBTool weighting algorithm is structured as follows, and applies to each low-level criterion.

Adjustable		Pre-set values		
Local effects	Extent of potential effect (1 to 5 points)	Duration of potential effect (1 to 5 points)	Intensity of potential effect (1 to 3 points)	Primary system directly affected (1 to 5 points)
1 Much less	1 Building	1 1 to 3 years	1 Minor	1 Functionality and serviceability 1 Cost and economics 2 Well-being, security and productivity of individuals 2 Social and cultural issues 3 Land resources 3 Non-renewable material resources 3 Non-renewable water resources 4 Non-renewable energy resources 3 Ecosystem(s) 4 Local and regional atmosphere 5 Global climate
2 Less	2 Site / project	2 3 to 10 years	2 Moderate	
3 OK	3 Neighborhood	3 10 to 30 years	3 Major	
4 More	4 Urban / Region	4 30 to 75 years		
5 Much more	5 Global	5 >75 years		
<i>a. Regional adjustment</i>		<i>b. Extent</i>	<i>c. Duration</i>	<i>d. Intensity</i>
				<i>e. (right) Importance</i>

Figure 3. SBTool weighting algorithm

1.7 Small urban areas and Synergy Zones

We have gone very far in improving the performance of new single buildings. One most important area for future work is to explore the performance synergies within groups of buildings. Such synergies can include balancing supply and demand of thermal energy, domestic hot water, and greywater slated for reuse. The possibility of using DC power generated from PV systems on the site without having conversion losses also arises if DC distribution systems are installed in commercial buildings.

A Synergy Zone initiative, as we define it, would consist of a small urban zone or cluster that contains buildings with a variety of configurations and occupancies. Variation is important, because the concept is based on balancing supply and demand, and buildings

with different uses and configurations (height, footprint) are usually in either a deficit or surplus situation with respect to thermal energy and water.

The storage and exchange of thermal energy is an important priority, logical in the context of some buildings producing a heat surplus (captured through heat-recovery ventilation systems), while others could benefit from zone-supplied heat. On the cooling side, some building operators may find it more economical to draw on a chilled thermal source supplied from the zone. This implies a need for thermal mid-term storage of thermal generation sources and a re-distribution system of low-temperature heating systems of buildings in the zone that have thermal deficits. Optimization controls and software are essential to optimize such a system.

Domestic hot water systems are another candidate for optimisation of supply and demand, given that some occupancies (residential, hotels, restaurants) have high demand, while commercial or public occupancies have little demand, but offer the possibility of DHW production through waste heat produced in combined heat and power (CHP) systems or (for DHW pre-heating) recapture of thermal energy from HRVs.

Many modern buildings make provision for rainwater capture and grey water use, but some (e.g. high-rise) have relatively minimal opportunities for rainwater capture, while low-rise buildings (e.g. schools) can produce large amounts. There is therefore logic in exploring a zone-wide greywater treatment, storage and redistribution system for all buildings in the zone. Such a system would filter and treat grey and black-water within the zone before storage. Again, optimization controls and software are essential to optimize such a system.

The role of DC power often focuses on generation of DC power from PV panels, conversion to AC through power inverters and uploading to the grid, in the context of feed-in tariff arrangements. Such discussions, however, almost always consider such systems in the context of a single building. In the case of small urban areas, the source of DC power may include that produced from CHP, PV, wind power, bio-mass sources in the zone. Power can also be produced on buildings in the zone that have orientations or configurations suited for solar, which would ensure diversity of supply.

The storage of DC power will be an important feature of a Synergy Zone approach, to store power generated in the zone as well as off-peak power from outside sources, for redistribution to other buildings in the zone with a DC deficit. The ability to use DC power in the zone would minimize conversion losses to AC for transmission and then back to DC again through rectifiers at the point of use.

A more radical approach, but one with much potential, is to explore the installation of DC power distribution systems in commercial buildings in the zone, operating in parallel with conventional AC systems to directly provide power to low-voltage DC equipment. The proposal for use of direct DC building systems reflects the greater availability of DC power sources and also the increasing prevalence of DC-powered systems in and around buildings, such as electronic light ballasts, computer equipment and re-charging of electric vehicles. The issue of jurisdiction and management is of critical importance in cases where a zone is not under single ownership. Coordinated system implementation and operation within a zone under multiple ownership could easily fail at the beginning unless there are contracts and agreements in place that allow a common management body to build,

operate and charge for the required systems. In such cases, the physical implementation of systems, their operation and the revenue and cost sharing will require a new form of cooperative zone management to be successful.

The Synergy Zone concept has been promoted by iiSBE since 2009 (Larsson 2009), without any success in finding partners to implement the proposal. A conservative estimate is that the total operating energy reductions compared to very efficient individual buildings would be in the order of 20%. Figure 4 below provides a schematic of how a synergy zone might be structured.

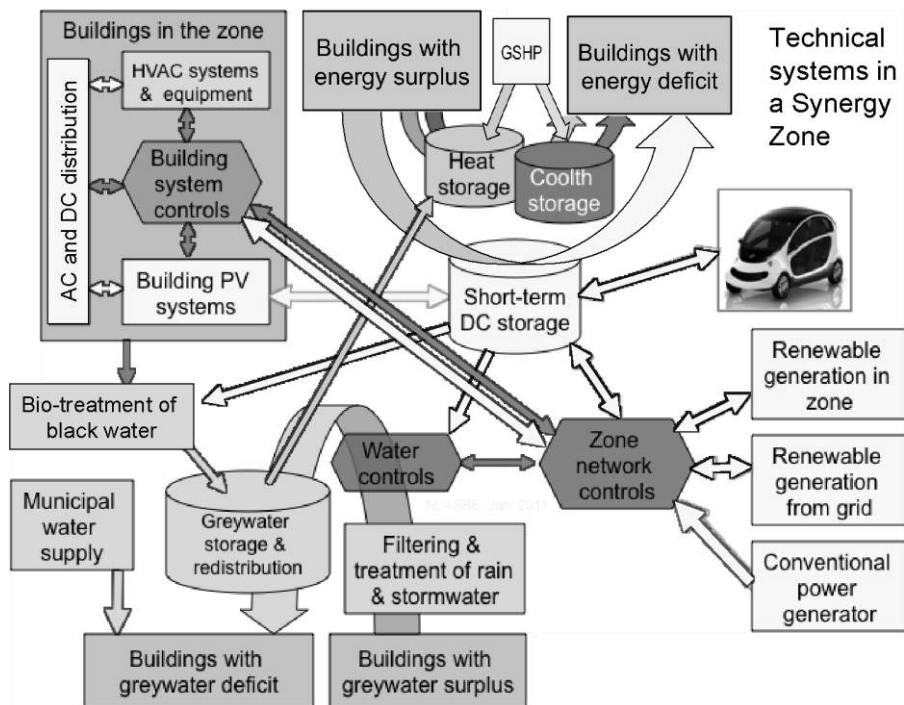


Figure 4. Technical systems in a Synergy Zone

1.8 Going off the grid

Many investors, researchers and designers are very interested in reducing and even eliminating the dependence of houses and buildings on existing public infrastructure systems. This is based both on costs and a change in design philosophy.

Many of the very early initiatives were based on the need to solve the problem of houses located in low-density rural areas with no existing public electrical, water or waste systems, and often populated by low-income people. In such areas, the water and waste issues could be solved relatively easily by means of traditional wells and septic fields, electrical power could only be provided by means of very expensive power lines or generator units. Social changes over the last 50+ years made the idea of living away from urban areas and closer to nature more attractive, and middle-class people were in a better position to pay for such an option. The situation was made more tractable with the advent of wind or solar systems that could generate DC power, despite high capital costs and even if variable wind or solar conditions made such systems only partly reliable.

A few designers of large buildings have tried to adopt the same philosophy, but larger buildings are almost always located in urban areas where a full range of public services is

almost always available at reasonable cost. The implication of going off the grid with larger buildings in urban areas is that costs will be high and, much worse, if many buildings follow this approach, existing public services will become uneconomic, resulting in rates for other users being increased. This could be a death spiral for utilities.

2. CONCLUSIONS

This review of overlooked issues in building performance includes the Integrated Design Process (IDP) and Predicted v. Actual performance, which are both recognized as being important but are not fully implemented. The differences between Source, Primary and Delivered energy are well recognized by energy specialists, but not by many professionals who should be aware of these crucial differences. There is a major misconception about Zero or Nearly Zero definitions amongst some professionals and almost all professional publications, or perhaps such groups are choosing to disregard the importance of embodied energy and emissions in the lifecycle environmental impacts of buildings. The differentials between Predicted and Actual performance are beginning to become recognized as being important, but need more visibility. An issue related to metrics, occupant density and annual person-hours, is something that is generally ignored but should not be, since it places energy and emission results in a much more realistic context. Weighting in rating systems is another metric-related issue which must be resolved if rating results are going to have any meaning beyond marketing value. The prospect of Synergy Zones offers the possibility of improved performance within small urban areas, but the problems posed by management complexity will be difficult to overcome. Finally, going "off the grid" with large buildings is clearly a bad idea.

REFERENCES

- Bartlett, K; Brown, C; Chu, A.M, Ebrahimi, G.; Gorgolewski, M; Hodgson, M; Issa, M; Mallory-Hill, S; Ouf, M; Scannell, L; Turcato, A; *Do our green buildings perform as intended?*; presented at Barcelona World Sustainable Building conference, October 2014
- Coal Industry Advisory Board, International Energy Agency, *Power Generation from Coal*, 2010. pp. 24
- http://energy.gov/sites/prod/files/2015/09/f26/A%20Common%20Definition%20for%20Zero%20Energy%20Buildings_0.pdf
- http://studio4llc.com/wp-content/uploads/2011/01/LEED-v4-Impact-Category-and-Point-Allocation-Process_Overview_0.pdf
- Löhnert, Günter, Dalkowski, Andreas, Sutter, Werner; *Integrated Design Process, a guideline for sustainable and solar-optimised building design*; International Energy Agency; April 2003
- Larsson, Nils; *IDP Overview*, December 2008; available at www.iisbe.org
- Larsson, Nils; *Integrated Design Process; History and Analysis*; August 2009; available at www.iisbe.org
- Larsson, Nils, Salat, Serge, Bourdic, Loeiz; *Performance Synergies in Small Urban Zones*, July 2013; available at www.iisbe.org
- Larsson, Nils; *SBTool 2016 description 21Jul16*, pg. 11, available at www.iisbe.org
- National Institute of Building Sciences (NIBS); *A Common Definition for Zero Energy Buildings*; September 2015
- Owens, Macken, Rohloff, Rosenberg, undated; *LEED v4 Impact Category and Point Allocation Development Process*



Escuelas productoras de energía: Cosechando una nueva generación

Daniel Sosa Ibarra

Universidad del Bio-Bio, Departamento de Diseño y Teoría de la Arquitectura, Concepción, Chile
danielsosaibarra@gmail.com

Rodrigo García Alvarado

Universidad del Bio-Bio, Departamento de Diseño y Teoría de la Arquitectura, Concepción, Chile
rgarcia@ubiobio.cl

RESUMEN: ¿Podemos imaginar una nueva generación de edificios productores de energía? Visualicemos futuros escenarios energéticos donde los establecimientos educacionales, fundamentados en sus condiciones de dispersión urbana, extensión territorial y ocupación estacional, sean concebidos como nuevos nodos urbanos de generación energética. Orientado a promover el desarrollo de energía solar en zonas urbanas, este artículo presenta una herramienta de evaluación paramétrica de las morfologías arquitectónicas de infraestructuras educacionales, para determinar la capacidad solar activa de cubierta y sugerir formas con mejores desempeños, para la implementación de sistemas solares activos en establecimientos educacionales en la comuna de Concepción, Chile. A partir de una caracterización formal y energética de los establecimientos, se desarrolla una definición abierta de diseño paramétrico en *Grasshopper+Ladybug* denominada *iGUANA*, que permite tomar decisiones en etapas tempranas de diseño sobre la implantación, configuración espacial y optimización formal de cubierta de nuevos establecimientos educacionales, con el objetivo de maximizar la radiación solar para la implementación de sistemas solares fotovoltaicos. Mediante la definición, se ha podido comprobar que los sistemas fotovoltaicos presentan mayor sensibilidad a las variaciones de inclinación que a las de orientación y que la superficie de cubierta de un establecimiento promedio, podría producir hasta casi 8 veces el consumo eléctrico actual requerido, con remanentes que permitirían cubrir el consumo eléctrico total anual de hasta 77 viviendas; lo que permite imaginar escenarios de distribución inteligente de los excedentes energéticos, hacia una sincronización urbana como nuevo modelo educativo de descentralización energética.

Palabras clave *Potencial solar, Establecimientos educacionales, Optimización formal energética, Energía fotovoltaica, Ladybug*

1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento acelerado de la población urbana -90 por ciento en Chile (UN, 2014)- y el aumento anual del consumo energético, acoplado en el contexto nacional al desarrollo socio-económico (MINERGIA, 2014), invitan a reflexionar sobre la utilización de energías renovables no convencionales, como alternativa para el desarrollo energético de las ciudades. La energía solar en particular, ofrece quizás una de las mejores posibilidades de utilización en zonas urbanas, por sus posibilidades de interconexión, entre otras ventajas (Lund, 2012). Iniciativas como el Mapa Energético-Solar de Concepción (García et al., 2014), evidencian estrategias energéticas de análisis urbano, demostrando que el recurso solar disponible en la ciudad, podría abastecer el consumo mediante la transferencia entre sectores de baja densidad con sobre-potencial y sectores de alta densidad con menor captación.

Dentro de este contexto, los establecimientos educacionales constituyen una oportunidad como espacios significativos de generación de energía distribuida a escala local, fundamentada en sus características intrínsecas de dispersión urbana equilibrada -como servicio proyectado en función de áreas de influencia-, extensión territorial y ocupación estacional. Estas características propicias para la captación de energía solar, pueden ser potenciadas mediante la optimización de las condiciones de forma, como varios autores han sugerido. Algunos trabajos (Hachem et al., 2011), han investigado los efectos de las variaciones de forma de la configuración espacial y diseño de cubierta, sobre el potencial solar de viviendas unifamiliares de latitudes medias. En el contexto local, la creciente demanda energética residencial, ha llevado a estudiar el potencial de captación solar asociado a las características de cubierta en viviendas unifamiliares, demostrando que la generación solar puede suplir ampliamente el promedio de consumo eléctrico anual de una vivienda (Zalamea & García, 2014). Si bien estos estudios muestran las relaciones entre forma y potencial solar, ninguno de ellos se centra en el análisis de establecimientos educacionales como programa particular.

Actualmente, estas exploraciones formales arquitectónicas han adquirido una nueva dimensión en base a herramientas de diseño paramétrico, donde la definición de una familia de parámetros iniciales y la programación de sus relaciones, permite obtener resultados que puede adaptarse a múltiples requerimientos y criterios de evaluación (Salcedo, 2012). Estas herramientas, pueden ser combinadas con una serie de plugins de análisis energético, que permiten sortear la brecha existente entre el modelado de diseño paramétrico y el software de análisis o simulación. Estas nuevas modalidades de trabajo integrado permiten que, desde etapas tempranas de diseño, los profesionales realicen una integración activa del análisis energético en el desarrollo de la forma arquitectónica. De esta manera, el producto de arquitectura se transforma en una respuesta basada en análisis y desempeño, generada a partir de múltiples variables fundamentadas en datos de la realidad (Anton & Tănase, 2016).

Alineado con estas premisas, este trabajo estudia las relaciones de forma y potencial solar activo de establecimientos educacionales de la comuna de Concepción, Chile. A través de una definición paramétrica, que puede orientar decisiones de implantación, configuración espacial y forma de cubierta, en etapas tempranas de diseño.

2. ESTABLECIMIENTOS EDUCACIONALES EN LA COMUNA DE CONCEPCIÓN

La comuna de Concepción, es una de las diez que componen el área metropolitana del Gran Concepción, está localizada en la latitud $36^{\circ}49'37''S$ y longitud $73^{\circ}02'59''O$, dentro de la zona centro-sur de Chile, con una población de 216,061 habitantes [Instituto Nacional de Estadística de Chile, 2002]. Posee un clima templado húmedo, altamente influenciado por la proximidad al océano, que modera las oscilaciones térmicas diarias y anuales, y una radiación solar global horizontal de $1642.5 \text{ kWh/m}^2\text{-año}$ [Ministerio de Energía de Chile, 2014]. Un catastro realizado, permite identificar 83 establecimientos educacionales -correspondientes al 83 por ciento del total-, su distribución según nivel formativo y las generales de los establecimientos; como puede verse en la Figura 1.

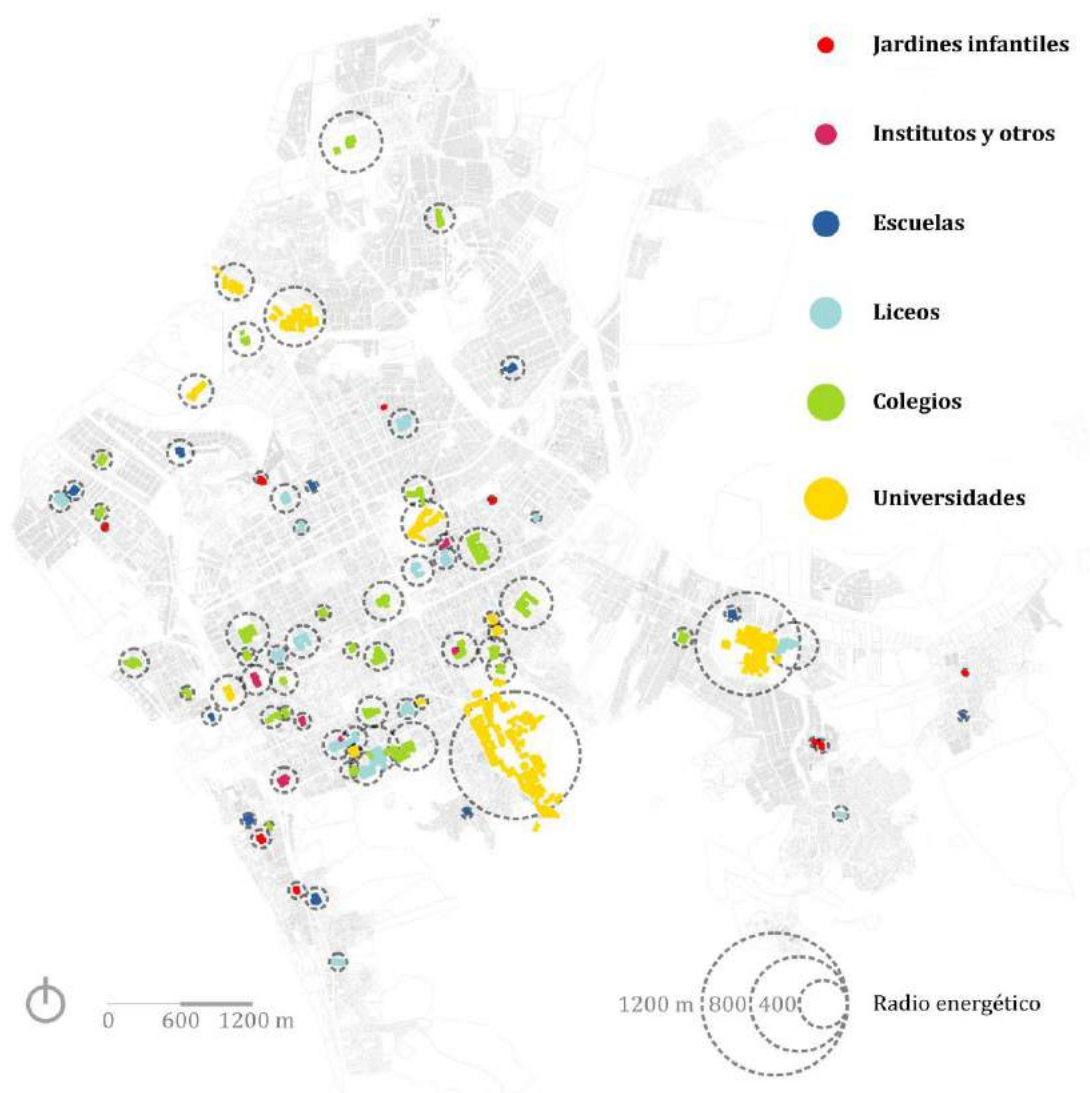


Figura 1. Establecimientos Educativos en la comuna de Concepción.

La superficie total de cubierta de los establecimientos educacionales es de 403,296 metros cuadrados; como puede apreciarse en la Tabla 1, más adelante. Esto permite comprobar que existen casi 2 metros cuadrados de superficie educativa por persona, lo que presume un alto número y representatividad, del sector educativo dentro de la comuna.

Tabla 1. Características de establecimientos educacionales en la comuna de Concepción

Nivel educativo	Establecimientos	Superficie de cubierta		
	u	m ²	%	promedio m ²
Jardines infantiles	9	6367	1.6	500
Escuelas	10	19,313	4.8	1364
Liceos	17	64,628	16.0	2852
Colegios	31	136,902	33.9	3118
Universidades	10	165,684	41.1	16,568
Institutos y otros	6	10,402	2.6	1224
Total	83	403,296	100	-

La distribución urbana, muestra que las Universidades presentan habitualmente superficies extensas pero concentradas en manchas dentro del territorio, conformadas por agrupaciones de diez o más edificios y asociadas en su mayoría a la modalidad de Campus Universitario. Las escuelas, colegios y liceos, aparecen de forma dispersa en la trama urbana, compuestas por grupos de uno a cinco edificios como máximo y ocupando superficies generalmente menores a una hectárea. Los jardines infantiles y salas cuna, presentan también un patrón disperso, pero con agrupaciones de solamente uno a dos edificios y promedios de cubiertas mucho menores.

Una caracterización de 15 establecimientos de dependencia municipal -5 escuelas, 5 colegios y 5 liceos-, permite decodificar las características formales y energéticas más representativas de los establecimientos de nivel básico-medio. Comprobando que los bloques de aulas tienen largos más representativos entre 30 y 40 metros, anchos recurrentes entre 9 y 11 metros -asociados a crujiás simples- y menos frecuentes entre 15 y 17 metros -asociados a crujiás dobles-, proporción de lados de 1 a 3.5, igual distribución de plantas entre 1, 2 y 3 pisos, cubiertas normalmente a 2 aguas y configuración espacial predominante en forma de C; pero que además en todos los casos estudiados es posible asimilar a formas simples, sean lineales, en L o en forma de patio.

Tabla 2. Consumo de energía eléctrica en establecimientos de nivel básico-medio

Establecimiento	Superficie construida	Consumo total anual	
	m ²	kWh-año	kWh/m ² -año
Escuela Rene Louvel Bert	3484	40,597	11.7
Colegio Gran Bretaña	3125	42,830	13.7
Colegio España	5841	65,448	11.2
Liceo Andalién	4948	37,542	7.6
Promedio simple de consumo	-	-	11.1

Mediante un análisis de facturación de energía eléctrica, realizado para 4 establecimientos de nivel básico-medio de dependencia municipal, se reconoce un claro comportamiento estacional, con un consumo eléctrico promedio de 11.1 kWh/m²-año; como puede observarse en la Tabla 2. Se ha podido comprobar que los establecimientos de dependencia municipal, carecen normalmente de climatización, por lo que el consumo se distribuye entre iluminación y electricidad, principalmente. Comprobando mediante una estimación de carga, una importante representatividad de los equipos informáticos, con una incidencia del 55 por ciento en el mes de Diciembre y un 26 por ciento en Julio.

3. METODOLOGÍA

La revisión de registros solarimétricos (CDT et al., 2008) y bases de datos Meteonorm del Aeropuerto Carriel Sur de Concepción (*WMO Index number 85682*), permiten comprobar que la máxima radiación anual, se produce para acimut norte y 25 grados de inclinación, mientras que la máxima radiación para el mes de Julio -que presenta el mayor consumo-, se produce para acimut norte y 51 grados de inclinación. Esta información, permite realizar simulaciones energéticas mediante *Design Builder* [v.4.2.0.054], en casos de estudio representativos. Considerando la implementación de sistemas fotovoltaicos con acimut norte e inclinación de 0, 25 y 51 grados; de acuerdo a los datos de radiación expuestos. Un análisis comparativo multi-factorial, considerando la generación eléctrica, el tiempo de consumo directo y la compra y venta de electricidad, permite comprobar que la posición con acimut norte y 25 grados de inclinación, presenta mejor desempeño en todos los aspectos; demostrando la posición óptima de instalación de sistemas fotovoltaicos para programas educacionales, en la ciudad de Concepción.

Los resultados de la simulación y la información recopilada en la caracterización formal y energética, se integran en una definición paramétrica denominada *iGUANA*, que permite calcular el potencial solar activo de cubierta, en relación a las condiciones formales de los establecimientos educacionales. La definición se desarrolla en *Grasshopper* [v.0.9.0076] e incorpora el plugin de análisis ambiental *Ladybug* [v.0.0.62] (Sadeghipour & Pak, 2013); utilizando el módulo *Radiation Analysis* para los análisis de radiación solar y *Photovoltaics Surface* -basado en *NREL PVWatts v1* (Dobos, 2013)-, para el cálculo de generación energética de sistemas fotovoltaicos. Mientras que el módulo *Galapagos Evolutionary Solver* (Rutten, 2010), se utiliza para optimizar la forma de cubierta en función de la radiación solar, a partir de soluciones evolutivas y algoritmos genéticos.

Antecedentes de estudios de eficiencia energética en establecimientos educacionales (ACHEE, 2014), definen que la orientación constituye el segundo parámetro en incidencia en la demanda energética, para la ciudad de Concepción; determinando que la orientación norte presenta menores demandas energéticas, seguido por la este, la oeste y finalmente la sur, con mayores demandas. Esta información, se integra a la definición paramétrica, estableciendo un patrón de crecimiento de acuerdo a la demanda por orientación, y considerando que el crecimiento puede asimilarse a formas simples; de acuerdo a las características formales relevadas. El patrón de crecimiento considera en primera instancia una configuración lineal al norte, seguida de un crecimiento en L al este, un crecimiento en C al oeste, para terminar con una configuración tipo patio al sur. También se incorporan reglas paramétricas de variación formal de cubierta, en base a la posición óptima de paneles fotovoltaicos y con distintas consideraciones para bloques con orientación predominante norte-sur y este-oeste, para evitar efectos de auto-sombreado.

La Figura 2, más adelante, permite apreciar el entorno visual y la secuencia de definición paramétrica en *iGUANA*. A partir de datos de entrada interactivos, donde se establece contexto, perfil urbano, características formales -largo, ancho, configuración espacial- y número de plantas, entre otros, la herramienta evalúa en tiempo real la radiación solar disponible, total de energía generada, porcentaje cubierto de consumo, excedente de energía, tamaño de la instalación, número de paneles y costo estimativo de la instalación.

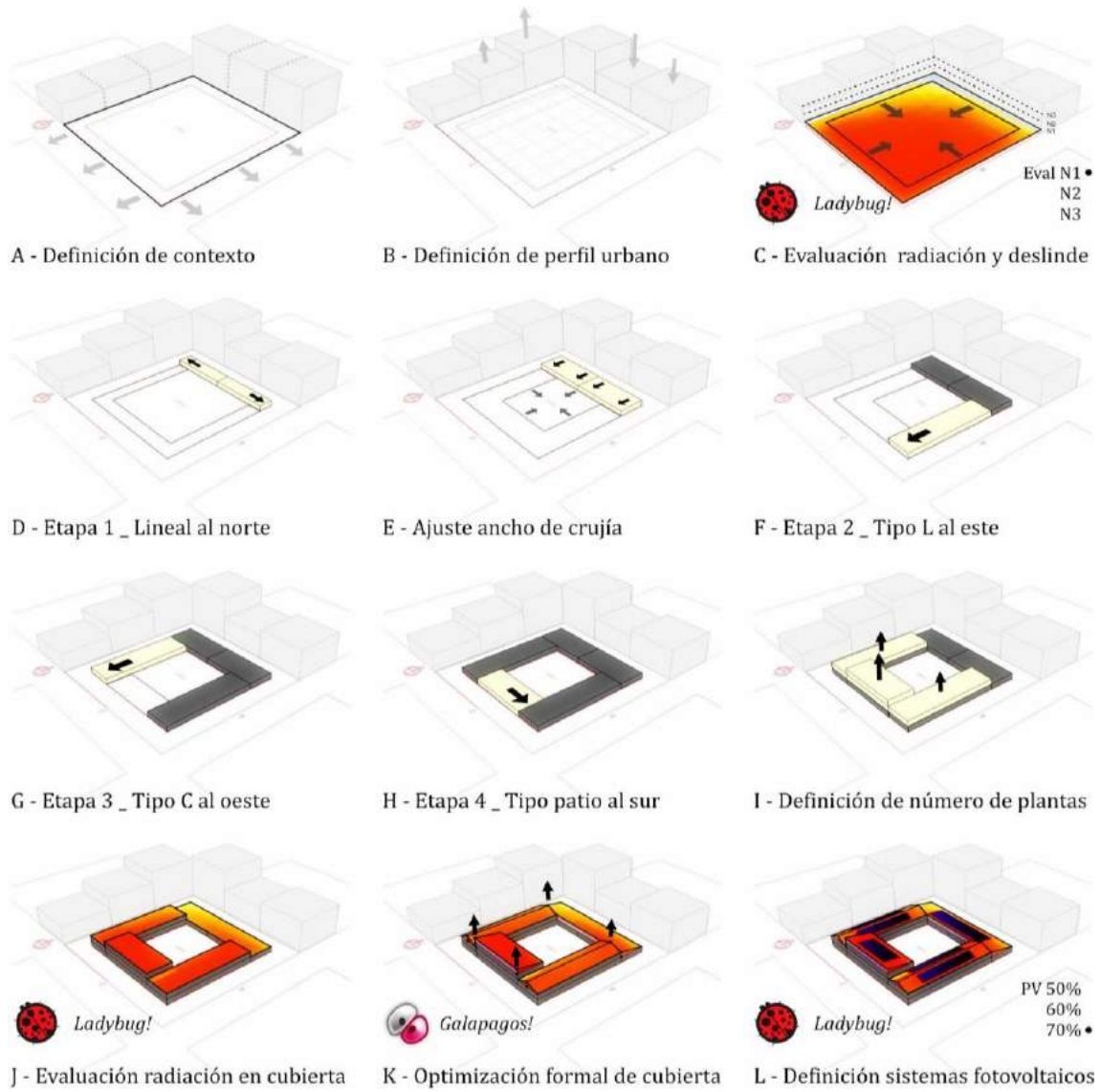


Figura 2. Entorno visual y secuencia de definición paramétrica en *iGUANA*.

La definición también permite realizar una optimización de la forma de la cubierta, a partir del módulo *Galapagos Evolutionary Solver*. Que puede utilizarse para maximizar la superficie de captación con máxima radiación solar por metro cuadrado -priorizando la instalación de sistemas con acimut norte y 25 grados de inclinación, que presenta el mejor desempeño por unidad de superficie-, o para maximizar la generación anual de energía eléctrica -priorizando la extensión de superficie, por sobre la posición optimizada-.

4. RESULTADOS

El desarrollo de la definición a partir de variables paramétricas, permite realizar distintas exploraciones formales en relación al potencial solar activo. Esta sección presenta los resultados de dos ensayos realizados -presentados a modo de ejemplo-, para ilustrar las capacidades de la herramienta desarrollada. Un primer ensayo, explora la incidencia en la generación de energía eléctrica, por variaciones de acimut e inclinación; ofreciendo una gama de valores a considerar, cuando no sea posible tener en cuenta la posición óptima de

sistemas fotovoltaicos. Los resultados obtenidos -presentados en variación porcentual-, se comparan con datos de radiación solar para la ciudad de Concepción, de la base de datos Meteororm del Aeropuerto Carriel Sur (*WMO Index number 85682*); a los efectos de validar los resultados de la definición.

Tabla 3. Variación porcentual de radiación y generación según acimut e inclinación

Inclinación (°)	0	5	10	15	20	25	0	5	10	15	20	25
Acimut (°)	Radiación solar						Generación de energía eléctrica					
40 al este	-7.9%	-5.9%	-4.5%	-3.5%	-3.1%	-3.2%	-7.2%	-5.4%	-4.4%	-3.8%	-3.8%	-4.1%
30	-7.9%	-5.6%	-3.9%	-2.7%	-2.0%	-1.9%	-7.2%	-5.1%	-3.7%	-2.8%	-2.5%	-2.6%
20	-7.9%	-5.4%	-3.5%	-2.0%	-1.2%	-0.9%	-7.2%	-4.9%	-3.2%	-2.1%	-1.5%	-1.3%
10	-7.9%	-5.3%	-3.2%	-1.6%	-0.7%	-0.2%	-7.2%	-4.7%	-2.9%	-1.6%	-0.8%	-0.4%
0 norte	-7.9%	-5.2%	-3.1%	-1.5%	-0.5%	0.0%	-7.2%	-4.6%	-2.7%	-1.3%	-0.4%	0.0%
-10	-7.9%	-5.3%	-3.1%	-1.6%	-0.5%	-0.1%	-7.2%	-4.6%	-2.8%	-1.4%	-0.5%	-0.1%
-20	-7.9%	-5.3%	-3.4%	-1.9%	-1.0%	-0.6%	-7.2%	-4.7%	-2.9%	-1.6%	-0.8%	-0.5%
-30	-7.9%	-5.6%	-3.7%	-2.5%	-1.7%	-1.4%	-7.2%	-4.9%	-3.3%	-2.2%	-1.6%	-1.5%
-40 al oeste	-7.9%	-5.8%	-4.3%	-3.2%	-2.7%	-2.6%	-7.2%	-5.2%	-3.8%	-3.0%	-2.6%	-2.8%

En la Tabla 3 puede apreciarse que las diferencias de variación porcentual de radiación solar y generación de energía eléctrica, son en todos los casos menores al 1%, lo que valida los resultados de la definición. Con respecto a la generación máxima -acimut norte y 25 grados de inclinación-, desviaciones de acimut de 40 grados, disminuyen la generación en hasta un 4.1% por ciento; relativizando la importancia de una orientación plena al norte. Mientras que variaciones de 25 grados en la inclinación, disminuyen en un 7.2% la generación de energía eléctrica, con respecto a la posición optimizada. Estos resultados, demuestran una mayor sensibilidad de los sistemas fotovoltaicos, a variaciones de inclinación que de orientación. Incentivando a formular criterios de diseño, que al menos consideren la inclinación óptima de los sistemas -fuertemente influenciada por decisiones de diseño-, cuando no sea posible considerar la orientación óptima; de menor incidencia en la generación energética y ligada a factores más rígidos, como la trama urbana.

Con el objetivo de evaluar el potencial de generación de energía eléctrica de los establecimientos educacionales, se realiza un segundo ensayo exploratorio, considerando el consumo eléctrico real de los establecimientos de nivel básico-medio -11.1 kWh/m²-año promedio- y simulando un edificio de 2500 metros cuadrados, que representa el promedio general de superficie de ocupación de los establecimientos de nivel básico-medio. Se considera una configuración espacial tipo patio, con un ancho de crujía de 9 metros y cubiertas optimizadas con inclinación de 25 grados en todos los bloques. Con una ocupación máxima con sistemas fotovoltaicos del 70 por ciento de cada plano de captación; teniendo en cuenta las restricciones necesarias para mantención y servicio entre líneas de captación, y excluyendo marcos de paneles y otros espacios desaprovechados.

La simulación se realiza considerando la posición optimizada de paneles, donde la generación por metro cuadrado de panel fotovoltaico es máxima. Si bien existen soluciones donde la generación total anual puede ser mayor -en función de una mayor superficie de captación-, en todas ellas, la generación por unidad de superficie es menor; lo que implica un menor rendimiento del sistema y en consecuencia una mayor inversión.

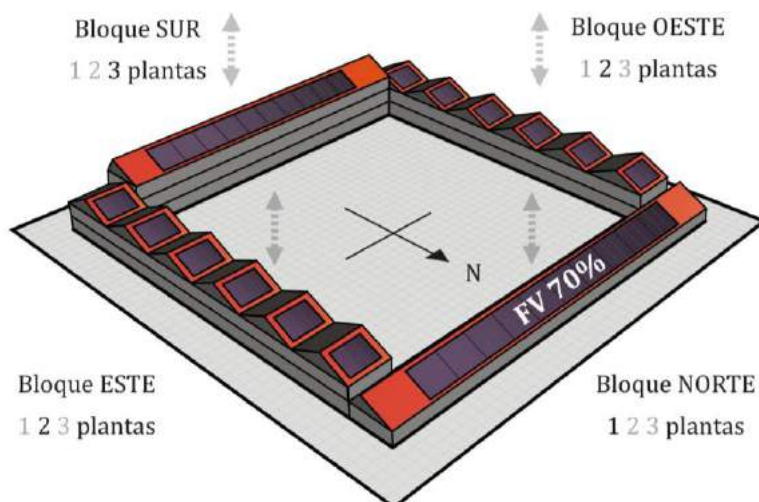


Figura 3. Modelo de ensayo de generación de energía eléctrica en establecimiento promedio.

La Figura 3 muestra el modelo de ensayo, alineado con los ejes cardinales y con un diseño de cubierta -según consideraciones de la definición paramétrica-, que permite incorporar los sistemas fotovoltaicos en posición optimizada. Se realizan variaciones progresivas en el número de plantas de cada bloque, evaluando el porcentaje cubierto de consumo y los excedentes de energía eléctrica; que son comparados con el consumo eléctrico promedio de una vivienda en Concepción, para poder establecer un parámetro de referencia y cuantificar la capacidad de generación eléctrica de los establecimientos educacionales. Para el comparativo, se considera un consumo eléctrico promedio por vivienda de 31.5 kWh/m²-año -principalmente electrodomésticos e iluminación-, y una superficie promedio de 77 metros cuadrados por vivienda; según datos del Estudio de Usos Finales y Curva de Oferta de la Conservación de la Energía en el Sector Residencial en Chile (CDT, 2010).

Tabla 4. Generación eléctrica de establecimiento promedio según número de plantas

Número de plantas por bloque				Consumo cubierto	Excedente de energía	Número de viviendas
Norte	Este	Oeste	Sur	%	kWh-año	u
1	1	1	1	765	187,055	77
1	1	1	2	628	180,917	75
1	2	2	2	445	166,859	69
2	2	2	2	383	158,939	66
2	2	2	3	345	152,801	63
2	3	3	3	282	138,743	57
3	3	3	3	255	130,823	54

Los resultados de la Tabla 4, permiten apreciar que la generación eléctrica de un establecimiento promedio, permitiría cubrir, desde un 255 hasta un 765 por ciento, del consumo del establecimiento. Los excedentes de energía, permitirían cubrir el consumo total anual de electricidad de entre 54 y 77 viviendas, respectivamente. En la Figura 4, más adelante, puede verse una estimación del radio de influencia que podría abastecerse con el excedente de energía eléctrica de un establecimiento promedio de 2 plantas; mientras que la Figura 1, más atrás, muestra una estimación primaria del potencial urbano integrado, suficiente para cubrir el consumo anual eléctrico, de una importante área urbana.

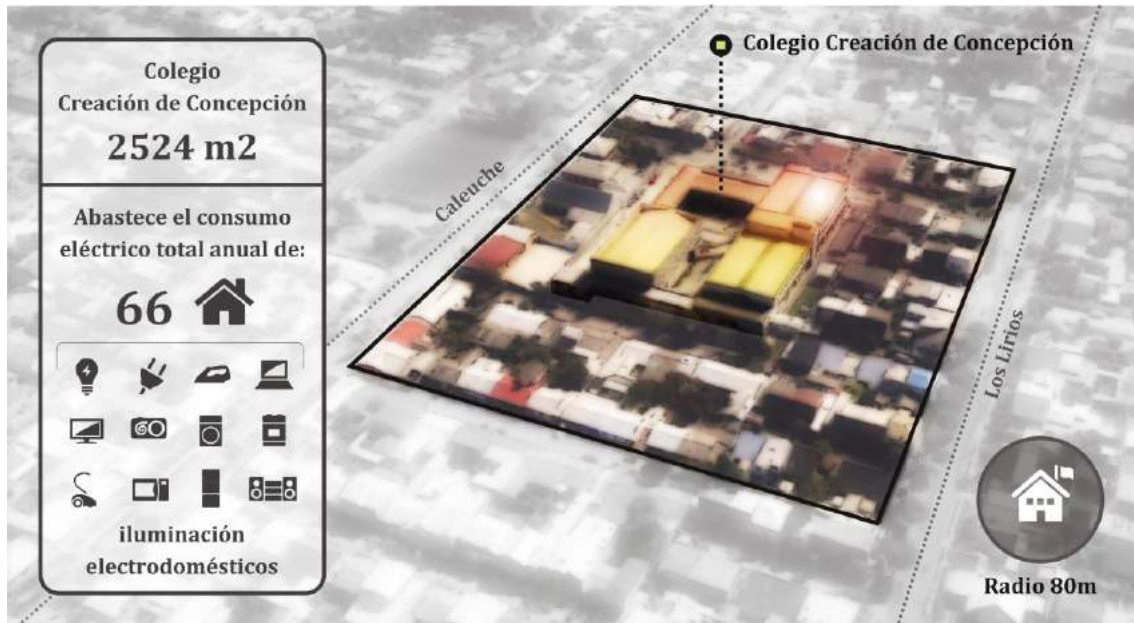


Figura 4. Imagen objetivo de abastecimiento eléctrico de establecimiento promedio.

5. CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

Las herramientas de diseño paramétrico, en combinación con plugins de análisis ambiental, permiten que los profesionales visibilicen aspectos energéticos, desde etapas tempranas de diseño. Cuestionando el pensamiento tradicional de la forma arquitectónica -desarrollada únicamente como respuesta a valores estéticos y funcionales-, con nuevas concepciones que las que se involucre una dimensión comprometida con el desempeño ambiental, hacia el desarrollo de un hábitat construido más sustentable. La definición paramétrica desarrollada, constituye un punto de partida incipiente -en fase de programación-, para la exploración de las incidencias paramétricas de la forma, en el potencial solar activo de establecimientos educacionales; que según los antecedentes consultados, no había sido revisada. Mediante este trabajo, se ha logrado construir una herramienta original básica, para incorporar la dimensión solar activa, en el diseño temprano de infraestructuras educacionales.

Los resultados obtenidos mediante ensayos exploratorios, demuestran que por su extensión volumétrica, los establecimientos educacionales, poseen un enorme potencial de generación eléctrica, incluso en ciudades de latitudes medias como Concepción. Estas posibilidades pueden optimizarse mediante estrategias de diseño de las condiciones de la morfología arquitectónica, sugiriendo formas con mejores desempeños, que permitan maximizar sus capacidades y en definitiva sintonizar con un modelo de eficiencia; produciendo más energía, con menos recursos. Los resultados demuestran que un establecimiento promedio no sólo podría satisfacer las necesidades de consumo energético, sino generar importantes remanentes que podrían contribuir a mejorar las condiciones de confort de los locales -normalmente desprovistos de sistemas de climatización-, activar sus propios espacios como lugares de encuentro comunitario o volcarse a sistemas de redes eléctricas inteligentes (smart grid) -fundamentado en sus condiciones de dispersión urbana-, para abastecer un importante número de construcciones, al menos del entorno inmediato.

Esta visión de los establecimientos educacionales como edificios de energía positiva, invita a reflexionar sobre su contribución en futuros escenarios energéticos, en los que podrían consolidarse como nodos urbanos de generación energética distribuida. Cumpliendo un importante papel en el desarrollo de comunidades urbanas sustentables y sintonizando con una nueva generación, donde el edificio actúe como educador en prácticas sostenibles, hacia nuevos modelos de democracia y descentralización energética.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los proyectos CONFIN AKA-ERNC 007 de Conicyt y URBENERE 715RT0497 de CYTED, por su colaboración en el desarrollo de este trabajo.

REFERENCIAS

- ACHEE Agencia Chilena de Eficiencia Energética 2014. *Guía de Eficiencia Energética para Establecimientos Educacionales*. Santiago de Chile: Agencia Chilena de Eficiencia Energética.
- Anton, I. & Tănase, D. 2016. Informed Geometries. Parametric Modelling and Energy Analysis in Early Stages of Design. *Energy Procedia* 85: 9-16.
- CDT Corporación de Desarrollo Tecnológico 2010. *Estudio de Usos Finales y Curva de Oferta de Conservación de la Energía en el Sector Residencial*. Santiago de Chile: S.I.
- CDT, PNUD & UTFSM Corporación de Desarrollo Tecnológico, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo & Universidad Técnica Federico Santa María 2008. *Registro solarimétrico - Irradiancia solar en territorios de la república de Chile*. Santiago de Chile: Proyecto CHI00/G32
- Dobos, A.P. 2013. *PVWatts Version 1 Technical Reference*. [En línea]: <http://www.nrel.gov/publications>
- García, R., Wegertseder, P., Baeriswyl, S. & Trebilcock, M. 2014. Mapa Energético-Solar de Concepción: Cartografía Urbana del Consumo Energético y Captación Solar en Edificaciones Residenciales de Concepción, Chile. *Norte Grande* 59: 123-144.
- Hachem, C., Athienitis, A. & Fazio, P. 2011. Parametric investigation of geometric form effects on solar potential of housing units. *Solar Energy* 85(9): 1864-1877.
- Lund, P. 2012. Large-scale urban renewable electricity schemes - Integration and interfacing aspects. *Energy Conversion and Management* 63: 162-172.
- MINERGIA Ministerio de Energía 2014. *Energía 2050 - Política energética de Chile*. Santiago de Chile: Ministerio de Energía
- Rutten, D. 2010. *Evolutionary Principles applied to Problem Solving*. [En línea]: <http://www.grasshopper3d.com/profiles/blogs/evolutionary-principles>
- Sadeghipour, M. & Pak, M. 2013. Ladybug: a Parametric Environmental Plugin for Grasshopper To Help Designers Create an Environmentally-Conscious Design. En Etienne Wurtz (ed.), *13th International Conference of the International Building Performance Simulation Association; Proceedings of BS2013: 13th Conference of IBPSA, Chambéry, 25-28 Agosto 2013*. S.I.: IBPSA.
- Salcedo, P. 2012. Análisis Paramétrico de Volúmenes Arquitectónicos con Algoritmos Genéticos. *Hábitat Sustentable* 2: 47-58.
- UN United Nations 2014. *World Urbanization Prospects [Highlights]*. Nueva York: United Nations
- Zalamea, E. & García, R. 2014. Roof characteristics for integrated solar collection in dwellings of Real- Estate developments in Concepción, Chile. *Revista de la Construcción* 36(133): 36-44.



Passive design strategies for building envelopes in different orientations

Elizabeth Parra Correa

PVG Arquitectos S.A.S, Antioquia, Medellín, Colombia

elizabethparra@pvgarquitectos.com

Leidy Johana Ramirez

PVG Arquitectos S.A.S, Antioquia, Medellín, Colombia

leidyramirez@pvgarquitectos.com

ABSTRACT: Human wellbeing in architecture is highly influenced by its site and climate; there are methodologies that suggest the correct orientation of open facades, depending on preexisting weather condition, which seek to ensure the user environmental comfort. In tropical cities like Medellín - Colombia, the absence of seasons generates a relatively homogeneous climate that allows the use of passive design strategies to naturally condition spaces and to adapt the interior space, according to a particular function or activity; however, the rapid growth of cities and the lack of sustainability criteria in urban planning has limited the orientation of buildings to the preexisting urban design, narrowing the design options and the use of resources. This article aims to develop a tool for architects, which provides design premises for building envelopes with under bioclimatic criteria, according to the orientations of open facades, on the basis that any orientation can be imposed by the urban setting. For this a hypothetical model, with preset parameters and the possibility of opening only two facades, was evaluated. Sunlight incursion, natural ventilation and natural lighting simulations were made, which gave inputs for the development of the tool. In order to illustrate its use, the premise obtained in the design of the facades of the hypothetical module were applied on an example located in the city of Medellín, in two different orientations, achieving through different facades, a similar indoor environmental conditions.

Keywords *Bioclimatic architecture, Human Well-being, Environmental comfort, passive design, building orientation.*

1. INTRODUCTION

In the city of Medellin, Colombia, from the 1920s, the emerging industry and the rapid growth of the population, gave way to an urban expansion in the form of organic settlements, which subsequently led to a slow process of urbanization and legalization, which lack sustainability criteria. In the literature on bioclimatic architecture, studies indicate which is the ideal orientation of open facades according to climatic factors, the latitude, prevailing wind currents and availability of lighting resource (Olgay, 2002). However, given the urban configuration of the city, in some cases it is not possible to choose the orientation of the open facades.

This research seeks to provide a tool for architects to design envelopes with bioclimatic criteria, according to the different orientations of open facades, assuming that any orientation can be imposed for a given site location. The importance of this tool lies in promoting and encouraging the construction of buildings designed with bioclimatic criteria that favor human well-being in inner spaces and decrease environmental impact by reducing the use of artificial climate systems, diminishing energy consumption in artificial lighting and optimizing building materials.

The research studied the behavior of a hypothetical model in eight different orientations, starting from the north and rotating 45° degrees each time to complete 360°, as illustrated in Figure 1.

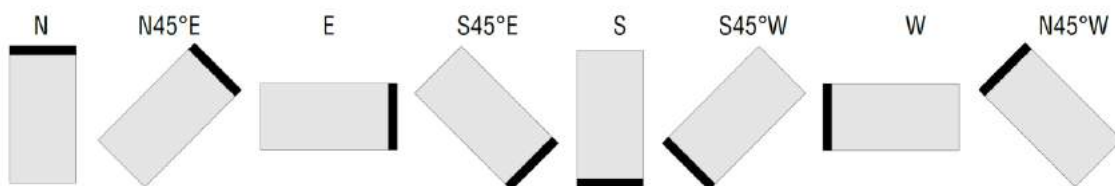


Figure 1. Orientation of the analyzed open facades

A solar incursion, natural ventilation and natural lighting diagnosis was performed, and based on the results obtained in it, a tool that provides the architects with premises of passive design for building envelopes in 8 orientations was built. Finally, an example of application of the tool was made, in order to develop the envelope for a hypothetical model in two different orientations.

2. RESEARCH BASELINE

The following parameters were chosen for analysis: geographical location and climatic characterization, properties of the hypothetical model and optimal ranges of environmental factors according to the architectural typology to be evaluated.

2.1 Geographical location and climatic characterization

The study was developed in the city of Medellin, Colombia, located in the Valley of Aburrá on the central Andes, at latitude 6°13'55"N and longitude 75 ° 34'05"O. Its temperature ranges between 12°C and 32°C having an annual average temperature of 22°C. The average

relative humidity is 68% and the predominant wind direction is north (23%) - South (14%), with speeds between 1.5 m/s and 7.9 m/s (IDEAM, 1999a).

2.2 Hypothetical model properties

It was specified for this study, a hypothetical model of a rectangular shaped, 6m wide, 12m long and 3m high, located in a central block, whose areas of intervention are the main facade and the roof. The selected building typology was "office space", as they are environments that require prolonged stay and in which complex activities with high requirements for sun protection, lighting and ventilation are developed.

2.3 Environmental factors

Solar incursion:

To calculate solar incursion into the model, a solar chart for latitude 6.13°N was used. This graphical approach represents the positions of the sun in the sky and allows obtaining solar angles depending on the time of year and the time of day. This type of diagrams are easily obtained (Arquitectos, n.d.) or can be built (Bermudez, 1969).

The dates chosen for the diagnosis were December 21th and June 21th (solstices); and March 21th and September 21th (equinoxes). According to the spatial typology, it was determined that between 8: 00h and 16: 00h, direct sunlight should be avoided on the open facade.

Natural Lighting:

Daylighting simulations were performed with the Velux Daylight Visualizer 2.8 software, under partly cloudy conditions, on December 21th, June 21th and March / September 21th at 8: 00h, 12:00 and 16: 00h. This software, presents through a chromatic scale, the amount of luxes present in the space at the level of the work plane (0.75 m from the floor surface) in order to identify areas that are over-lit or poorly lit.

To define the permitted ranges and/or required lighting levels in office spaces, this study took as a reference the "technical regulation lighting and street lighting. RETILAP"(Ministerio De Minas Y Energía, 2015). This document constitutes the lighting level standards which should be fulfilled in each space, according to their type and activity. For office spaces, the lighting levels required on the work plane should be between 300 lx and 1.000 lx.

Natural ventilation:

To determine the size of openings necessary to naturally ventilate the space, "The Florida Solar Energy Centre Method 1" was used. This method calculates total opening area (TOA) required, considering an inlet and an outlet located in opposite facades, of equal area, and taking into account the effect of wind, regardless of the temperature. This formula was chosen as it proposed corrections to the wind direction and surroundings characteristics. It applies for one level buildings, if the block has several stories the formula should be applied individually for each of them.

$$TOA = \frac{1,16 \cdot 10^{-3} \cdot V \cdot ach}{W \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4}$$

Where TOA = total opening area in m² (the sum of both the entry and the exit); V = volume of the building in m³; Ach = air exchanges per hour; W = wind speed in m/s; f1 = coefficient determined by wind angle of incidence; f2 = site correction factor; f3 = surroundings correction factor; f4 = height multiplication factor.

According to the chosen spatial typology, 10 Ach were considered as the minimum required and 30 Ach as the optimum air changes per hour (Tobar Arango, 2004).

3. DIAGNOSIS

Once the parameters were established, a diagnostic analysis was performed to evaluate the behavior of the model in the 8 established orientations assuming the main facade is entirely open.

3.1 Solar Incursion

Based on the criteria established in the research base line, a solar incursion analysis was conducted for each orientation. In Figure 2, the areas on the floor that receive sun during the set dates and times, are indicated. In the columns, the orientation of the open facades is named and in the rows the evaluated year dates are located. At the end of each column the sum of the sunny areas is presented, obtaining as a result that the facade with the lowest solar incursion throughout the year is the one oriented towards the north (N) and the sunniest are the Eastern (E) and western (W) facades, both presenting the same value.

Orientation	N	N45°E	E	S45°E	S	S45°W	W	N45°W
June 21								
8:00 h	7.61 m ²	24.71 m ²	23.7 m ²	6.7 m ²	-	-	-	-
12:00 h	5.75 m ²	3.84 m ²	-	-	-	-	-	3.84 m ²
16:00 h	7.61 m ²	-	-	-	-	6.7 m ²	23.7 m ²	24.71 m ²
March 21 / September 21								
8:00 h	-	15.37 m ²	31.13 m ²	15.21 m ²	-	-	-	-
12:00 h	-	-	-	-	-	-	-	-
16:00 h	-	-	-	-	-	15.21 m ²	31.13 m ²	15.37 m ²
December 21								
8:00 h	-	5.1 m ²	25.4 m ²	32.4 m ²	10.0 m ²	-	-	-
12:00 h	-	-	-	6.47 m ²	10.1 m ²	6.47 m ²	-	-
16:00 h	-	-	-	-	10.0 m ²	32.4 m ²	25.4 m ²	5.1 m ²
Sum	20.9 m ²	48.9 m ²	80.2 m ²	60.8 m ²	30.1 m ²	60.8 m ²	80.2 m ²	48.9 m ²

Figure 2 Summary of the floor areas that receive sun during the studied dates and times

3.2 Natural ventilation

In order to calculate the required ventilation open areas, for each module, the f values (correction factors) were determined according to the façade orientation.

(f_1) Wind incidence angle: This factor considers the loss in efficiency presented when the wind enters a space depending on the inclination of the façade with respect to the prevailing wind direction.

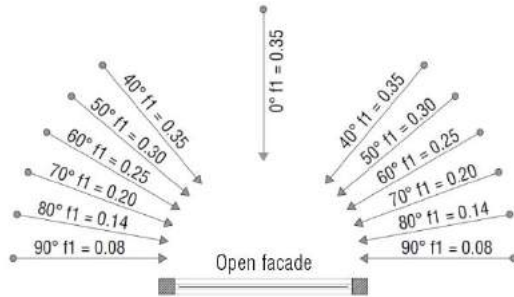


Figure 3. f_1 values according to the wind incidence angle

Two directions of the wind were set for the development of the formula, the predominant direction, north (3.23 m/s) and the second predominant, south (2.5 m/s) (IDEAM, 1999b).

(f_2) Correction factor due to side location: the chosen site location was "great city center", 24 hours a day. For these two conditions a value of $f_2 = 0.47$ was determined.

(f_3) g (distance)/ h (obstacle height) relation: For all orientations, it is considered that the open façade faces an obstacle (h) corresponding to a three story building (9 m high), located at a distance (g) for the urban section between buildings: sidewalk 1.2 m + street 5 m + road divider 1 m + street 5 m + sidewalk 1.2 m = 13,40 m, being the g/h ratio equal to 13.4/9, 1.49, equivalent to an f_3 of 0.63.

(f_4) Multiplication factor due to the height: the chosen building has only one level, so the $f_4=1$.

Table 1 shows the result of opening areas required for minimum air exchange (10 Ach) and the optimum air exchange (30 Ach) in an office space. The area presented corresponds to a single opening, the inlet and the outlet must each meet the area indicated.

Table 1. Opening areas required for ventilation purposes

Opening areas required for ventilation (m ²)					
Facade	N	N45°E N45°W	E y W	S	S45°E S45°W
10 Ach	2,17	2,53	9,50	2,81	3,27
30 Ach	6,52	7,60	28,51	8,42	9,82

The open facade of the module has an area of 18 m² which prevents the east (E) and west (W) facades from meeting optimal air exchanges. For this reason, the minimum air exchanges (10 Ach) as the comparison parameter. As it can be observed, façade (N) presents the lowest requirement of opening with 2.17 m² while facades (E) and (W) present the highest value with 9.50 m².

3.3 Natural Lighting

Simulations were performed according to the parameters outlined in the research base line, considering the following materials for each system: walls = semi-gloss white paint; floors = semi-gloss white finish; blinds = wood; profiles = aluminum and glass = clear glass.

In Figure three (3) different values are identified at the work plane height (0.75 m from the floor surface), the areas of it that over lit, those that are properly illuminated and those that are poorly lit. As in figure 3, columns show the orientation of the open façade and the rows show the dates that were evaluated. At the end of the table the sum of the optimal lit areas was performed to identify the areas which have lighting independence throughout the year.

The orientations with the highest and lowest area in the final count, as shown in Figure 4 are the N45°W and N45°E facades, respectively.

Orientation	N	N45°E	E	S45°E	S	S45°W	W	N45°W
June 21th								
over-lit area	7.1 m ²	10.9 m ²	7 m ²	7.3 m ²	7.2 m ²	7.3 m ²	7.1 m ²	7.2 m ²
optimum lighting area	38.8 m ²	29 m ²	40.1 m ²	29 m ²	27.9 m ²	28.4 m ²	28 m ²	31.1 m ²
poorly lit area	26 m ²	32 m ²	25 m ²	35.6 m ²	36.7 m ²	36.3 m ²	36.8 m ²	36.6 m ²
March 21th / September 21th								
over-lit area	6.7 m ²	7.1 m ²	7 m ²	6.6 m ²	9 m ²	6.7 m ²	8.5 m ²	6.8 m ²
optimum lighting area	30.6 m ²	28.6 m ²	33.4 m ²	37.3 m ²	30.2 m ²	34.9 m ²	30.7 m ²	39.2 m ²
poorly lit area	34.5 m ²	36.1 m ²	31.6 m ²	27.9 m ²	32.7 m ²	30.3 m ²	32.7 m ²	25.9 m ²
December 21th								
over-lit area	5.1 m ²	4.8 m ²	5.2 m ²	4.8 m ²	9.8 m ²	5.2 m ²	9 m ²	4.7 m ²
optimum lighting area	28.8 m ²	28.8 m ²	29.2 m ²	41.2 m ²	32.1 m ²	39.5 m ²	32.6 m ²	40.9 m ²
poorly lit area	38.1 m ²	38.4 m ²	37.6 m ²	26.1 m ²	30.1 m ²	27.3 m ²	30.3 m ²	26.4 m ²
Sum	98.2 m ²	86.4 m ²	102.7 m ²	107.5 m ²	90.2 m ²	102.8 m ²	91.3 m ²	111.2 m ²

Figure 4. Optimal daylighting areas on the work plane

4. CONSTRUCTION OF THE TOOL

The proposed tool, was developed by building a calculator that allows to obtain basic outputs to generate solar control strategies, to identify areas of ventilation and promote the balance of the light curve according to the space needs. To use the calculator, the designer should enter the data requested in the first column. Each item of the column has a drop-down list where he/she must choose an option according to the project that will be developed; once the data is entered, the second column will display the design criteria, as shown in figure 5.

Table 2, shows the instructions on how to read the results obtained in the calculator.

Passive design strategies calculator			
		Enter data here	Results
Solar Incursion			Solar control strategies
Orientation of open facade		N	Critical design date
Solar control range		From (h) 8:00:00	Critical design hour
		Until (h) 15:00:00	Solar Angle
			Azimuth (°)
			Elevation (°)
Ventilation			Ventilation
Space Volume (m ³)			216
Wind speed in m/s			3,23
Air changes per hour			10
f ₁ Wind incidence angle			90°
f ₂ Correction factor due to site			Airport or open fields (Night time)
f ₃ Correction factor due to the surrounding g(distance)/h(obstacle height) ratio			2
f ₄ Multiplication factor due to height			Others
Opening system (Inlet)			Blinds
Opening system (Outlet)			Net area
			Natural lighting strategies
Identifie that are predominantly over lit areas, areas in the optimal range of lightning levels and those which are poorly lit			
Glare control zones (ZCD), consider furniture and matte finishes and/or dark halftones in materials			
Zone of lighting autonomy (ZAL)			
Zone with constant support of artificial lighting (ZIA), use punctual artificial lighting as support for those areas, consider generating different circuits that can be independidly used			

Net area
Sliding window, clear opening or projecting win
Pivot or swinging window
Blinds

Figure 5. Passive design strategies calculator

Table 2. How to read the tools results

Solar protection strategies			
Critical design date	Indicates the date with the highest solar exposure according to the given orientation		
Critical design hour	Indicates the hour with the highest solar exposure according to the selected time range		
Solar Angle	Azimuth	Angle of solar exposure in the top view	
	Elevation	Angle of solar exposure in the section view	

Ventilation	
Required inlet area in m2	Opening area required in facade according to its efficiency
Require outlet area in m2	Opening area required in facade according to its efficiency
Observation: The efficiency of the type of opening will depend on the particular characteristics of each system, for this exercise the following efficiencies are assumed. Net area: 1; Sliding or projecting window open at 90°: 0.8; swinging or pivoting window: 0.6; and blinds: 0.3. If you have a different window system, take the total opening area and divide by the systems efficiency.	

Lighting
Due to the multiplicity of factors that affect the behavior of natural lighting is recommended to identify the areas that are over lit, illuminated in the optimum range or poorly lit, and implement the recommendations included in the calculator.

5. APPLICATION EXAMPLE. CASE STUDY MEDELLIN

This chapter contains an application example of the use of the passive design strategies calculator, which contains the development of the open façade of the hypothetical model proposed in the research base line. Passive design strategies are chosen for two (2) façade's orientation, the (N) and the (W), which represented the most favorable and critical conditions, respectively, during the diagnosis of solar and wind exposure. As light's behavior is highly influence by the facades definition and other inner spaces characteristics, and not only by weather conditions, the other two environmental phenomena were taken as references for the selection of the best and worst initial design conditions.

As architectural approach, a flexible, modulated façade was chosen, dividing it into a basic grid with divisions of 1m in the horizontal and 0.6m in the vertical 0.6m. Each module is a projecting element which, when opened, casts shadow on the façade. This element is made of wooden slats framed in metal profiles, and inside, a clear glass that has no solar protection coefficient. The opening angle, density and size of the slats depend on the requirements for solar control of the façade's orientation; the windows operation will be defined according to the ventilation needs. Inside the space, 0.75 m from the floor surface (work plane height) is taken as the evaluation height, and the dimensions of the Latin-American population are taken as a reference for comfort analysis purposes (Ávila, Prado, & González, 2007). The work station closest is located 1 m away from the façade, and a 1.2m high window seat is specified, which will not require solar protection.

5.1 Solar protection criteria

For the distribution of the elements, facades were divided into rows. According to the defined range of solar control, Figure presents the design strategies apply for both facades, where rows that require solar protection are identified, and for those rows where protection is not needed, the dimensions of the wooden slats and densities of them are given for each panel.

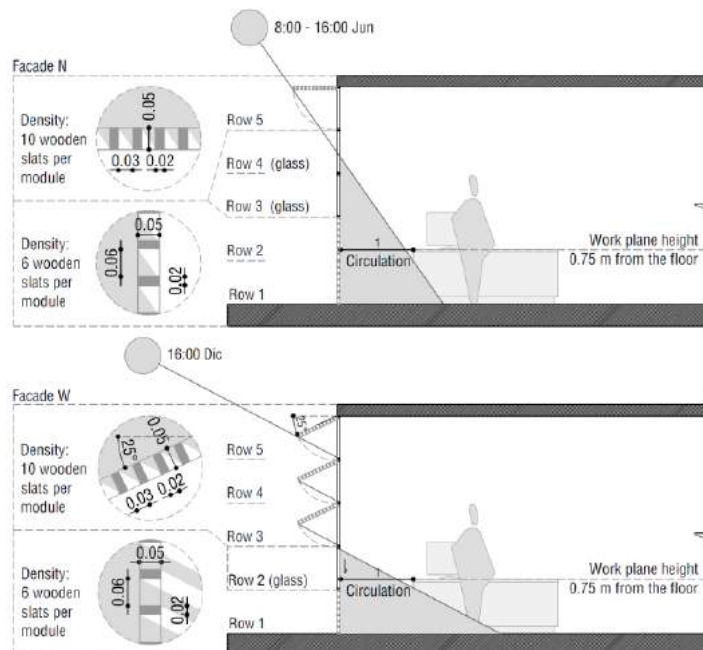


Figure 6. Application of elevation angles for defining elements of solar shading

5.2 Natural ventilation criteria

The method used to calculate the areas required for ventilation, assumes two openings of equal size, one as an inlet and the other as an outlet. Table 2 gives the total opening area required, which is modified by the loss of efficiency, depending on the chosen opening system. The façade is assumed to be the inlet location, and a patio is located on the back of the module as the outlet. The space under the patio is not considered as an “useful area” and can receive sun and rain. Figure 7 shows the application of this elements in the hypothetical model.

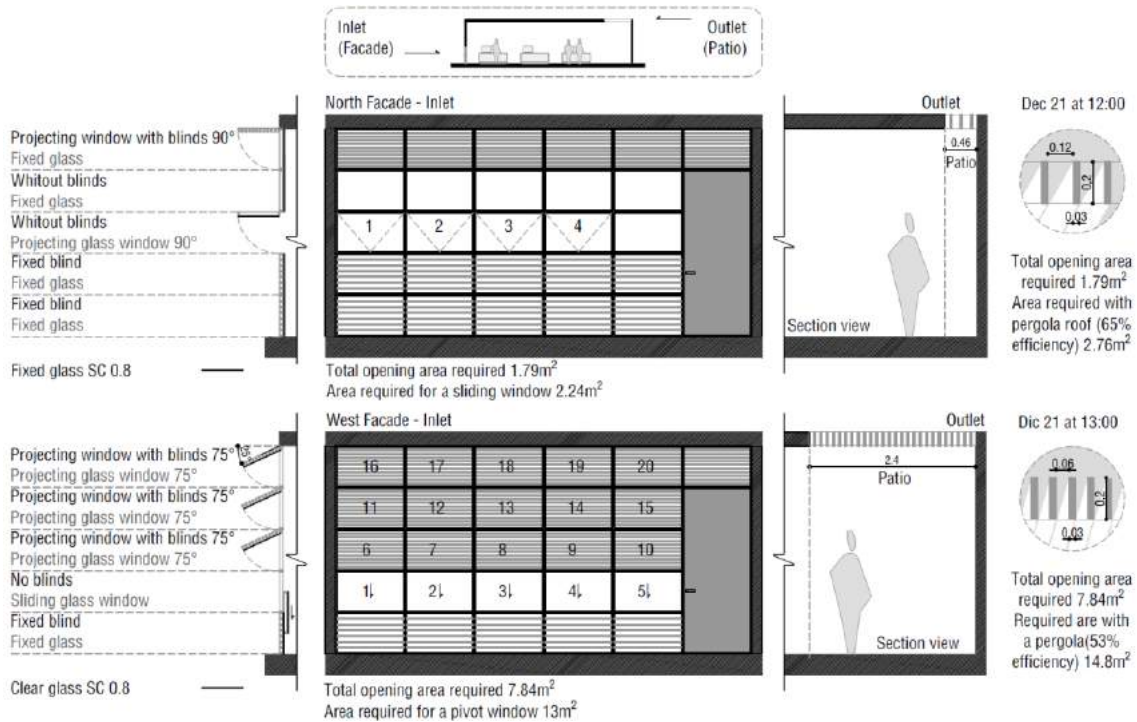


Figure 7. Distribution of the required opening areas in the N and W facades.

5.3 Daylight criteria

The lighting simulations were performed considering the new composition of the façade, which resulted from the applied solar control and natural ventilation criteria, and the location of the back patios. For each sample orientation the work plane areas which were over lit, illuminated in the optimum range of lightning levels or poorly lit, were identified. Based on this information, a space zoning was outlined in order to achieve a balance in the light curve, generating visual comfort for the space users and reducing energy consumption by preventing the unnecessary use of artificial lighting.

Each space is classified into three zones: areas of lighting autonomy (ZAL), areas with constant support of artificial lighting (ZIA) and glare control areas (ZCD). The first category includes all areas that present appropriate lightning levels within the optimal range required by the spatial typology; the second one gathers the areas of the work plane that are poorly lit and do not reach the minimum required lighting levels at any time of the year; finally, the third category refers to those areas that exceed the maximum levels, and therefore require glare control strategies, achievable by a proper definition of its materials and the operation of the inhabited space.

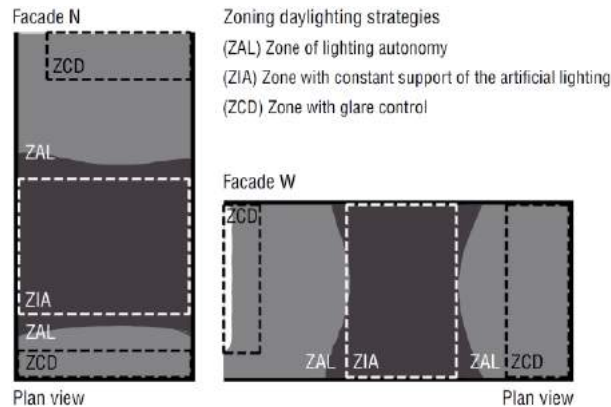


Figure 8. Space zoning to apply lighting strategies, for the modules orientation towards N and W.

6. CONCLUSIONS

As it can be seen in the application example, for the architectural typology analyzed in this exercise, all orientations can get the same level of solar control, although the E and W facades require greater design efforts to obtain the same results in the indoor environment, than those required by facade N. However, it is important to consider that this refers only to solar shading, in future applications the influence of other variables, such as the thermal behavior, materials and different envelope compositions, should be evaluated.

In the model and the studied space type, it is not possible to achieve optimal Ach (30), when the space's main open facade is parallel to the wind direction.

According to the lighting diagnosis which was performed, between 40% and 50% of the total area of the work plane, have lighting autonomy, in both resulting inner environments. This value represents a significant portion of the area, which with a proper distribution of the electrical circuits, can be translated into energy savings by having a lower consumption due to artificial lighting use.

Having a tool that allows architects, unfamiliar with the subject of bioclimatic and solar passive design, to obtain basic guidelines to integrate the principles of this discipline to their designs, allows to project an architecture with a greater environmental quality for space users, which in return, decreases environmental impacts. This tool can be applied in the city of Medellín, and this methodology can be replicated in cities located in the tropics, which have similar climatic conditions.

REFERENCES

- Arquitectos, P. (n.d.). *Diagramas de sombra*.
- Ávila, R., Prado, L., & González, E. (2007). *Dimensiones antropométricas de la población latinoamericana _ México, Cuba, Colombia, Chile _* R. Avila Chaurand, L.R. Prado León, E.L. González Muñoz.pdf (Segunda ed). Guadalajara, Jalisco: Universidad de Guadalajara.
- Bermudez, S. M. (1969). *Asoleamiento Teoría General y Diagramas*.
- IDEAM. (1999a). *Climatografía de la principales ciudades*.
- IDEAM. (1999b). *Información Aeronáutica*.
- MinisterioDeMinasYenergía. (2015). Ministerio De Minas Y Energía. *Reglamento Técnico De Iluminación y Alumbrado Público*. RETILAP.
- Olgyay, V. (2002). *Arquitectura y clima* (Segunda).
- Tobar Arango, J. (2004). *Aire acondicionado para arquitectos*. Medellín.



Thermal Performance as a parameter of choice of materials: Brazilian Antarctic Station

Bruna Perovano Sirtuli

Federal University of Espírito Santo, Planning and Project Laboratory, Vitória (ES), Brazil
brunapsirtuli@gmail.com

Filipe Galina Costalonga

Federal University of Espírito Santo, Planning and Project Laboratory, Vitória (ES), Brazil
brunapsirtuli@gmail.com

Cristina Engel de Alvarez

Federal University of Espírito Santo, Planning and Project Laboratory, Vitória (ES), Brazil
cristina.engel@ufes.br

Edna Aparecida Nico-Rodrigues

Federal University of Espírito Santo, Planning and Project Laboratory, Vitória (ES), Brazil
edna.rodrigues@ufes.br

ABSTRACT: In the atypical context of Antarctica to the correct selection of more sustainable and efficient materials, it must be considered the specific environmental conditions of the region. Among them, there are the climatic characteristics (low absolute moisture content, low temperatures, high wind speeds, and rapid climate changes), the isolation and the need to preserve the natural environment. The main objective of this research was to evaluate the thermal performance and energy efficiency of new buildings of the EACF - Estação Antártica Comandante Ferraz (Comandante Ferraz Antarctic Station), expected to be completed and opened in 2018, to establish parameters for acquiring new Brazilian buildings in Antarctica. To obtain the performance results from the station it was used the software Design Builder, and the study was conducted in two stages, at the first stage was made the definition of the model, the characteristics and material properties specified in the project; and in the second stage was made simulations and determined the methodology for evaluations. For the simulations were chosen an environment with greater exposure, with two faces turned to the envelope of the building. The results demonstrated the envelope performance of the building, allowing assess the materials used, pointing out possible improvements. Alternatively it was proposed to replace the galvanized steel coating specified for the envelope, for PVC (Polyvinyl Chloride), material that showed better results regarding the thermal performance and sustainability indicators.

Keywords *Antarctica, thermal performance, envelopment, sustainability*

1. INTRODUCTION

Performance rating systems, the analysis tools and certification schemes serve to contribute to a better performance of buildings; however, there are still difficulties in establishing environmental values to the buildings, which is due to the broad interpretation of the word sustainability (Smith, 2003). In this context, to concern with sustainability becomes even more important when considered as territorial limits the Keller Peninsula in Antarctica, given that it is a harsh environment, where environmental, landscape and architectural impact may be more evident in compared to consolidated urban areas (Reis & Alvarez, 2015).

The first Brazilian occupation in the Antarctic occurred in 1984, with a compound of twelve men team, operating the eight modules of the EACF - Estação Antártica Comandante Ferraz (Comandante Ferraz Antarctic Station) (Secirm, 2014). The Station underwent successive extensions and reform over time, and with no formal or environmental concern (Alvarez et al. 2004). In February 2012 a fire destroyed the main body of EACF and in the surroundings were installed the MAE - Módulos Antárticos Emergenciais (Antarctic Modules Emergency), which are in operation since early 2013, serving to continue the activities of the station (Mech, 2013). After the event, a project of the procurement process was initiated for new permanent buildings through the development of a Term of Reference, which was aimed at the reconstruction of the Research Station in order to meet the needs of the scientific community and to serve as reference for future buildings in Antarctica (Secirm, 2014).

Considering that the new Brazilian buildings in Antarctica were designed from innovative techniques it is justified the need for studies on the types of materials proposed especially with regard to thermal performance, aimed at improving comfort conditions. The atypical characteristics of the region suggest systemic studies to gather with less environmental impact and materials that provide energy efficiency, especially about the reduction in fuel consumption for heating. To develop the Terms of Reference that guided the design competition for the Brazilian station, several stations were studied and, among them, the Princess Elisabeth (2007), belonging to Belgium, whose technology envelope is composed of elements in laminated wood and seals composed of a set of nine layers and clad with stainless steel blades.

The Amundsen-Scott Station (2008) belonging to the USA, was built in steel with composite panels by sealing two sheets of OSB - Oriented Strand Board, and the insulation EPS - Expanded Polystyrene (Montarroyos, 2015). Another reference is Neumayer III station (2009) of Germany, with the construction technique, wrapped containers on modular steel frame and outer coating metal panels and internally with magnesium and plastic panels with glass fiber. The insulation is made from polyurethane foam and mineral fiber. The Haley VI (2010), Britain, stands out for being the first station that allows a complete relocation of its modules through a system of rails that slide on the ice. It has a steel substructure as tread base and its coating is made of plastic panels reinforced with glass fiber insulation with closed cell polyisocyanurate foam encapsulated in panels - GPR.

The Indian station, Bharati, 2012, was built from prefabricated containers wrapped in a sealing structure in sandwich panels with external coating of steel. The station pertaining to Spain, called Juan Carlos I, 2013 has a structure in modular monocoque rings reinforced plastic fiber coating also reinforced plastic fiber, which is part of the structure, and its insulation is polyurethane foam (Montarroyos, 2015).

The old EACF facilities were composed of metal containers made of sealing sandwich, filled with polyurethane. Already the new facilities are predicting major structures of high-strength steel (Montarroyos, 2015), to obtain favorable conditions for the improvement of performance and thermal comfort. Considering the technology adopted for the new buildings of EACF, the research aimed to evaluate the thermal performance of an environment with greater exposure - two sides facing outwards - considering as conditioning the material proposed in the project and the possible use of PVC as outer covering of sandwich panels.

2. METHODOLOGY

The research was established from three main stages: characterization of Antarctica and the Comandante Ferraz Antarctic Station; realization of modeling and Simulations; and evaluation of thermal performance.

2.1 Characterization of Antarctica and the Comandante Ferraz Antarctic Station

Antarctica has 14 million square kilometers and is the fifth largest continent on the planet, and in the winter due to the freezing of the surrounding seas, there is an increase in size, reaching up to 20 million square kilometers (Felicio, 2007). The region has unique environmental characteristics: low temperature, strong wind gusts, isolation and preservation of the natural environment, which induce a process of human occupation in a sustainable way (Cruz et al., 2007). The Comandante Ferraz Antarctic Station was established in 1984 on King George Island, fulfilling the Brazilian stay on the continent (Alvarez, 1995). Since its introduction, the EACF passed through expansion and modification processes, even performed with inherent concerns the environmental impact, eventually result in local ecosystem impacts, due to poor planning and previous design (Alvarez et al., 2007).

The new buildings of EACF are being built on the same site of the former, on King George Island, Keller Peninsula (Figure 1a). Its design dates from 2013 and its construction has forecast for completion in the year 2018, according to the Defesa Aérea e Naval (Air Defence and Naval) (2016). The various proposed settings for the station have a total built area of 4,500 m² divided into six sectors: social, private, service, operation / maintenance, laboratories and isolated modules, forming functional blocks and UIS - Unidades Isoladas (Isolated Units), which in its full configuration will form the basis for the operation of activities and research.

The area of laboratories with 14 units was designed to meet many requirements, emphasizing the priority of the PROANTAR – Programa Antártico Brasileiro (Brazilian Antarctic Program) for scientific activities (Brazil, 2012). The project was developed considering the best practices of sustainability and should constitute at a facility of

excellence, the highest quality, to promote its main objective, scientific research (Estudio 41, 2013). The set was designed from containers, which will later be enveloped by a system composed of insulating material and with properties that mitigate the effect of salt spray and low temperatures (Figure 1b).

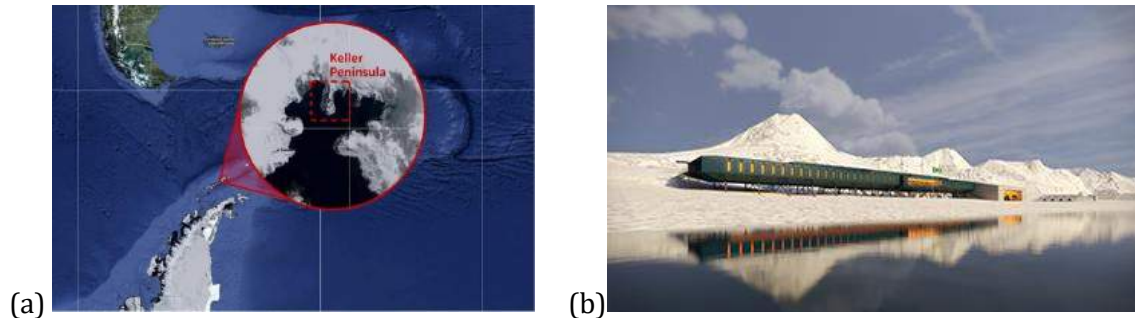


Figure 1. (a) Scheme of Keller Peninsula location; (b) Comandante Ferraz Antarctic Station. Source: (a) Brasil (2012); (b) Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (Interministerial Commission for Sea Resources) (2013)

2.2 Modeling and Simulations

The climatic conditions of Antarctica were obtained through the weather file EPW - *EnergyPlus* Weather for the year 2002 (Laboratório..., 2015). For the simulations, considering the conditions of the study area, the windows do not have the function to aerate, thus the model was configured with the same closed. The architectural typology adopted for the simulations was the design of new buildings of EACF and the environment, a laboratory with two external faces (worst situation). The reference values of thermal properties of building components related to the envelope, as well as the characteristics of clothing and activities performed by the laboratory users, shown in Table 1. The type of clothing and activity is related to atypical climatic conditions of Antarctica, as well as the type of environment use.

The design proposed in the envelope consists of sandwich panels consisting of two external surfaces made from galvanized steel coil of 0.75 mm thick and coated with each paint PVDF - Fluoreto de Polivinídeo (Polivinilideo fluoride), internal layer of rigid PUR - polyurethane foam, with a distance of 50 cm between the wall of the container and the envelope (Figure 2a). The panel is used to cover the outer vertical seal, the floor and has two types, one with 220mm and other with 170mm (Reis & Alvarez, 2015).

It was adopted for the comparative study an exterior coating of PVC - Polyvinyl Chloride (Figure 2b), replacing the steel sheet while maintaining the same thermal insulation. PVC is a material consisting of 57 % of chlorine and 43% of ethylene, thermoplastic material and is the second most produced worldwide. It has mechanical properties such as low flammability, resistance to moisture, UV light and salinity, is lightweight and easily recycled (Instituto do PVC, 2016).

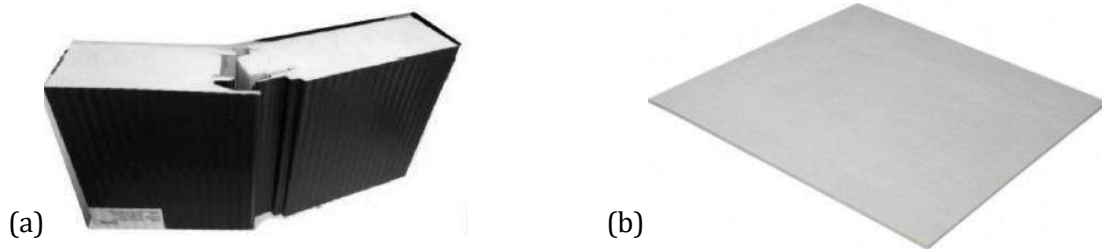


Figure 2: (a) the sandwich type panel proposed for the envelope of new buildings of EACF; (b) PVC sheet 2mm thick . Source: (a) Comissão Interministerial para os recursos do mar (Interministerial Commission for Sea Resources) (2013); (b) Inovasilk (2016)

The simulations were carried out at the Molecular Biology Laboratory of the environment (Figure 3a) located in the functional block, 5.29 m above the ground (Figure 3b). The Laboratory is located at one end of the blocks, having two of their faces exposed to the weather. It was simulated orientation proposed on the design, considering the summer period (21/ Dec 21/ Mar) and the winter period (21/ Jun to 23/ Sep).

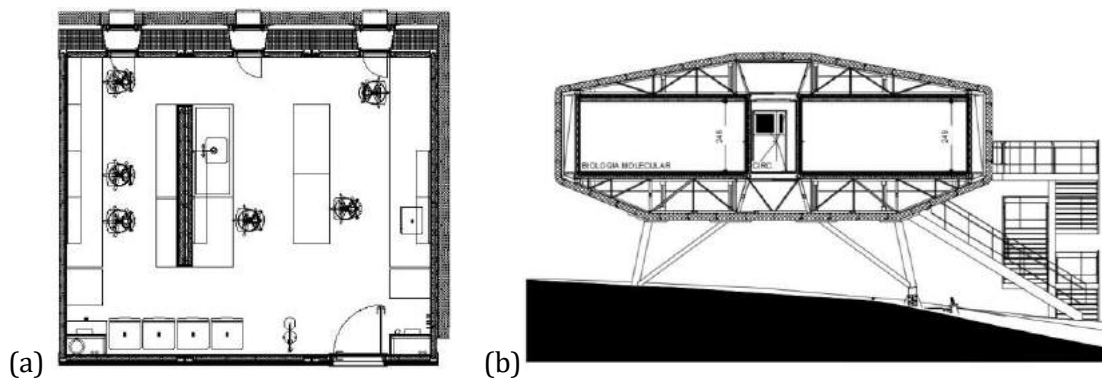


Figure 3: a)- Molecular Biology Laboratory floor plan. b) – Section plane of the Function Block where the Laboratory of Molecular Biology is located. Source: ESTÚDIO 41, 2013

Table 1. Properties of the materials of the layers of the walls, ceiling and floor. Source: Drawn from Studio 41 (2013) and Design Builder (2015)

Paredes Internas e Envoltória	
Internal Walls: corrugated steel plate (container), stud "C" in galvanized steel (70 mm) , rock wool 70kg / m ³ (70 mm) , polyethylene sleeving 2.5 kg / m ³ (2 mm) , cast on 2 plates with non-combustible fiber additive (12,5 mm each)	15 cm (espessura)
Thermal transmittance floor, walls and ceiling (U)	0,185 W/(m ² .K)
Ceiling	12 cm (thickness)
Emissivity (ε) of the walls and ceiling	-
Absorptance (α) of the walls and ceiling	-
Thermal transmittance of the triple insulating glass (U)	1,1 W/m ² .K
Thermal transmittance of the window aluminum frame	5,8 W/m ² .K
Envelopment modeling (1) : galvanized steel sheet (0.75 mm) , polyurethane (205 mm), galvanized steel sheet (0.75 mm)	22 cm (thickness)

Envelopment modeling (2): PVC (2 mm) , polyurethane (205 mm) PVC (2mm)		24,5 cm (thickness)
Occupied environment and internal loads		
Density and Occupation		0,15 person/m ²
Metabolism Activity: light work of laboratory		123 W/person
Occupancy Standard: 6 people- 07h00 – 20h00		
WALLS AND CEILINGS	*Emissivity (ϵ)	** Absorptance (α)
Steel plate	0,30	0,30
Metal stud	0,30	0,30
Rock wool	0,90	0,60
Polyethylene sleeving	0,90	0,70
Plasterboard	0,90	0,50

2.3 Thermal performance evaluation

For the evaluation of thermal performance conditions was used the hourly operating temperatures and temperature comfort, defined by ISO - International Standard 7730 (International ... 2005), which the criteria for the comfort temperature were the types of activity involving walking and running lab work; the clothing of 0.5 clo for summer and 1.0 clo for winter, considering the best category (A), and reaching the value of 23 ° C.

For measurement of the maximum temperature of comfort, the external mean monthly temperature was determined, using the design software version 4.5.0.128 Beta Builder - DBSIM. For environmental thermal performance evaluation were used indicators proposed by Nico-Rodrigues (2015), which made it possible to analyze the hourly changes in operating temperature, for summer and winter.

2.3.1 Indicators

The indicators used for the systematization of data were the FDT – Frequência de Desconforto Térmico (Frequency Thermal Discomfort) and GhDT – Graus-horas de Desconforto Térmico (Degrees-hours of thermal discomfort), who had their results entered into the buoyancy diagram.

The FDT quantifies the hours in discomfort, in percentage unit during certain time interval, and the maximum value refers to the maximum time limit. To set this percentage of time the whole time, there is the percentage at which the operating temperature is above the maximum comfort temperature. In this study, the proposal was to analyze daily periods, of 24 hours, corresponding to a maximum frequency of 100%.

The GhDT is the difference between the hourly operating temperature and the temperature of comfort when the operating temperature exceeds the set value of the comfort temperature established for the month under study. To obtain the maximum reference value it was adopted the highest value of GhDT, considering all the features of the model and climatic conditions. For the analysis of FDT and GhDT indicators was adopted the buoyancy diagram, which considers the assessment of the frequency on two levels: temporary and frequent; and the intensity condition for the degree-hours, light and intense levels (Figure 4).



Figure 4. Buoyancy diagram FDT and GhDT indicators. Source: Nico-Rodrigues, 2015

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

3.1 Determination of conditions

The results defined the internal hourly air temperature of the Molecular Biology Laboratory aiming to determine the environmental thermal performance with emphasis on thermal comfort using in your envelope galvanized steel and PVC. The results were subjected to statistical treatment to set the maximum amounts of daily GhDT, which is the reference value used for laboratory analysis with the two materials (Table 2).

Tabel 2. Maximum reference values for GhDT at each station. Source: Authors

Seasons	Material	GhDT
Winter	Galvanized Steel	170,20 °C.h/day
	PVC	170,15 °C.h/day
Summer	Galvanized Steel	166,4 °C.h/day
	PVC	300,5 °C.h/day

3.2 Simulations

The simulations made it possible to assess the environmental thermal performance according to the materials used in its envelope, especially the use of artificial heating as a strategy for thermal comfort.

The first series of results demonstrated the internal conditions of the molecular biology laboratory with the use of galvanized steel in the envelope, and second, the results of PVC. The FDT and GhDT values obtained for each day showed the buoyancy diagram, featuring the end of thermal conditions for thermal comfort environments (Figure 5). It is noteworthy that the buoyancy diagram lists the FDT values with the highest GhDT value of each season, showing everyday situations, being the best condition that it converges to the origin.

The results of performance simulations have shown that the use of galvanized steel in the envelope, partially meets the conditions for thermal comfort determined by the ISO 7730 standart as well as the use of PVC since even using a temperature of 23°C, the standart allows variations in other categories, with temperatures up to 19°C were variations in the

standart, which increases the amount of time within the comfort limits. And with the use of PVC were obtained better performance results compared to the previous situation, especially in the summer season. It was observed that the results of the FDT and GhDT indicated two levels of discomfort for the simulations with the steel, being levels (a) and (b) and three levels for the simulations with PVC, they are (a), (b) and (c): (a) days of frequent and slight discomfort; (b) days of frequent and intense discomfort; and (c) days of temporary and mild discomfort.

The results showed for the seasons of the summer and winter uncomfortable environment, but the comparative analysis between the two simulated materials, changes were evident for the better in the environment internal conditions with the use of PVC in the envelope. Observing the analysis of materials separately in both seasons, it was found that in the envelopment with galvanized layers, the temperature values remained constantly below the comfort threshold, classifying the discomfort as intense, and a FDT common in winter. In the summer the temperatures remained below the limit, but the discomfort is rated as mild to intense, and the FDT remained intense.

In the simulations with layers of PVC, temperature values remained below the comfort limit in winter, with a few days with hours within the limit, classifying discomfort as frequent, and an often FDT. In the summer there was an improvement in the results, to days presenting hours in the comfort limit, but with a few days still below the threshold, classifying the discomfort as intense or temporary, and FDT ranging from heavy and light.

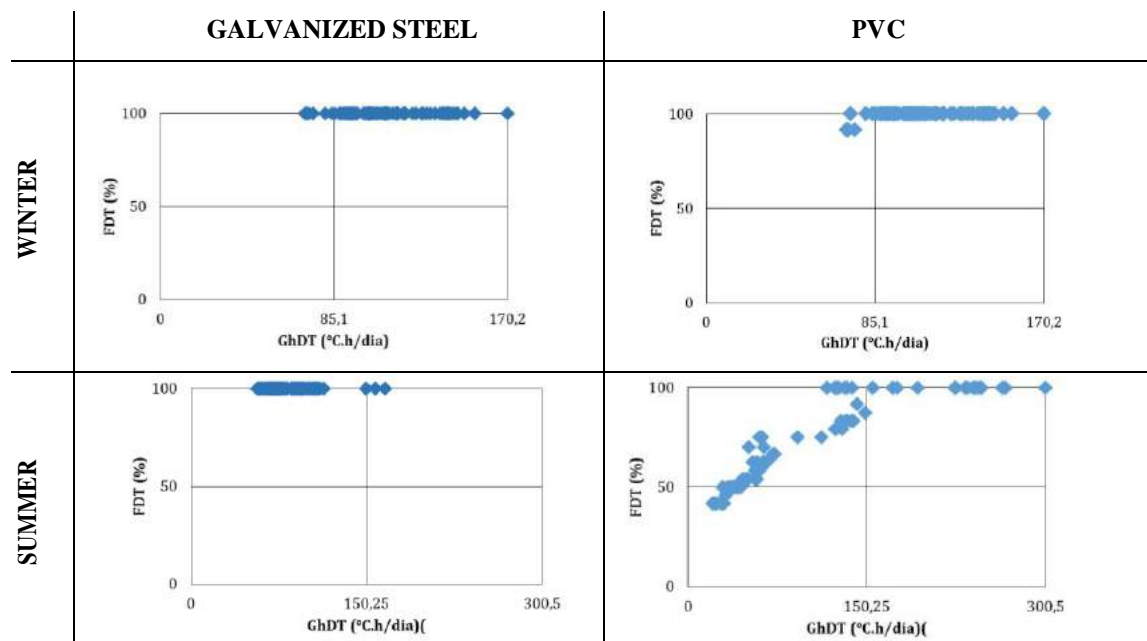


Figure 5. Buoyancy diagrams of the summer and winter seasons. Source: Authors

The adoption of PVC as an alternative caused an improvement in results, however it was not enough to achieve the optimal results. It is suggested that the wall exposed to the weather, is also used spacing of approximately 50 cm, already adopted in the other external wall, serving as attenuator space, which holds a layer with temperature at 10 ° C, since this constructive proposal has proved effective in other situations analyzed. It is possible to obtain better results by using different types of insulating determining, according to the physical and thermal properties, greater or lesser thermal inertia. It is

noteworthy that the station of Belgium, for example, is classified as the most efficient among the studied due, among other factors, the adoption of nine insulation layers with properties that potentiated the thermal efficiency of the same.

Another likely factor responsible for improving internal conditions in the summer and winter is the incidence of solar radiation and the different behaviors of steel and PVC in the outer layer. In the summer period, the amount of solar radiation is much bigger and it is probably being absorbed by the glass of the windows and at the same time keeping the temperature in the spaces between the panels heated a lot longer. Although the PVC is thinner, its performance is better than the steel plate, observing, still, Juan Carlos Station in Spain that used a similar material in the form of modular rings of plastic fiber.

4 CONCLUSIONS

From the analysis made with the methodology adopted, it was possible to understand the environmental performance for buildings in the Antarctica, focusing on thermal comfort. The daily fluctuations in the operating temperature guided to solutions aimed at improving the thermal comfort and the indicators allowed the understanding of the internal conditions of the environment.

It is important to know that the building system from containers surrounded by a second outer layer coating on the sandwiches panels is a technique whose maintenance activities may be carried out by the Navy in Rio de Janeiro, which has a lot of experience in such activities in Antarctica. Studies with the use of PVC in the Antarctica environment are still in the initial process, and those results are an incentive for continuity, because it was realized that the model with PVC had an improvement in the results when compared to model that used steel. However, it was noted that the two models still require interventions that meets the indications of the standard adopted.

ACKNOWLEDGMENT

This research was supported by the National Council for Scientific and Technology - CNPq and the Foundation for Research of Espirito Santo- FAPES.

REFERENCES

- Alvarez, C. E. de. *Arquitetura na Antártica: ênfase nas edificações brasileiras em madeira*. 1995. Dissertação. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAU/USP), São Paulo, 1995.
- Alvarez, C. E. de; Casagrande, B.; Soares, G. R. Resultados alcançados com a implementação do plano diretor da Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF). In: *Encontro Nacional, 4 e o Encontro Latino Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis*, 2. Campo Grande: 2007.
- Alvarez, C. E. de; Casagrande, B.; Cruz, D. O.; Soares, G. R. Estação Antártica Comandante Ferraz: um exemplo brasileiro de adequação ambiental. In: *I Conferência Latino Americana de Construção Sustentável e 10a. Encontro Nacional de Tecnologias no Ambiente Construído*, 2004, São Paulo. Anais do clACS'04 ENTAC'04. São Paulo: ANTAC, 2004. P. 1-15.
- Brasil. Comissão Interministerial para os Recursos do Mar. SECIRM. 2014. Disponível em:<<https://www.mar.mil.br/secirm/documentos/reconstrucao/caracterizacaoEACF.pdf>> Acesso on: April 01. 2016.

- Brasil. Defesa Área e Naval. DEFESA AÉREA E NAVAL. Disponível em: <http://www.defesaareanaval.com.br/tag/estacao-antartica-comandante-ferraz-eacf/>. Acess on: April 01. 2016.
- Brasil. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comercio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. Portaria n. 372, 17 de setembro de 2010, que estabelece Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de serviços e públicos (RTQ-C). Rio de Janeiro, 2012.
- Carlos, E. Aplicação do PVC na Construção Civil. São Paulo. 2016. Disponível em: http://www.institutodopvc.org/publico/?A=conteudo_link&co_id=122 Acess on: May 16. 2016.
- Cruz, D. O.; Alvarez, C. E. de; Reis, N. C. 2007. A qualidade do ar interior da Estação Antártica Comandante Ferraz – EACF. In: *Encontro Latinoamericano de Edificações e Comunidades Sustentáveis*, Campo Grande, 2007. ELECS.
- DesignBuilder. DesignBuilder Software Ltda. Version 4.5.0.128. 2015.
- Estúdio 41. Memorial descritivo de especificações: caderno de encargos. Curitiba, 2013.
- Fanticle, F. B. Avaliação de conforto térmico na Estação Antártica Comandante Ferraz. 2011. 118f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória. 2011.
- Felicio, R. *Antártida – A geografia do continente gelado e as operações brasileiras*. Confins, 2007.
- Iso International Organization For Standartization. *ISO 7730 Ergonomics of the termal environment– Analytical determination and interpretation of termal comfort using calculation of the PMV and PPD índices and local termal comfort criteria*. Switzerland, 2005.
- Laboratório de eficiência energética em edificações. Seção Downloads. Arquivos climáticos em formato EPW. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/downloads>. Acess on: April 16. 2015.
- Mech, K. 2013. How hard-wall Expandable Containers helped Brazil recover from na Antartic disaster. *Innovation: Journal of the assosiation of professional Engineers and Geoscientists of BC (British Columbia)*, Burnaby, 17(3): 200-22.
- Montarroyos, D. C. G. Indicadores de sustentabilidade para edificações na Antártica. 2015. 150f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória. 2015.
- Nico-Rodrigues, E. A. Influência da janela no desempenho térmico de ambientes ventilados naturalmente. 2015. 202f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Univerdidad del Bio-Bio, Concepción. 2015.
- Reis, T. C. dos; Alvarez, C. E de. Análise do ciclo de vida da Envoltória da Estação Antártica Comandante Ferraz. In: Euro-ELECS. Portugal, 2015.
- Silva, V.G. 2003. Avaliação da sustentabilidade de edifícios escritórios brasileiros: diretrizes e base metodológica. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.



The use of calabashes as sound absorption alternative material

Marco Aurélio de Oliveira

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal
engenharia@confortus.com.br

Luís Bragança

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal
braganca@civil.uminho.pt

Dinara Paixão

Federal University of Santa Maria, Acoustic Engineering, Santa Maria (RS), Brazil
dinara.paixao@eac.ufsm.br

Getúlio Picada

Federal University of Santa Maria, Thermo Acoustics Laboratory, Santa Maria (RS), Brazil
lmcc.ufsm@gmail.com

Jorge Luis Pizzutti dos Santos

Federal University of Santa Maria, Thermo Acoustics Laboratory, Santa Maria (RS), Brazil
lmcc.ufsm@gmail.com

ABSTRACT: This paper aims to give some scientific information on calabashes used as sound absorption alternative material. For two decades the need for concert halls with adequate acoustic quality has been increasing in Brazil. Therefore, modern buildings have been built in our country according to adequate standards. Nevertheless, the cost of the necessary acoustic materials in current use is prohibitive. In order to reduce building budgets, researches have been done by the acoustic lab from UFSM since 1986. The present research aims to find out whether residue material derived from calabash industries in our state can work properly as sound absorbent material at a low cost. The evaluation of the sound absorption coefficient for these materials was obtained using sound measuring equipment employing the frequency range from 100 Hz to 4.000 Hz. In order to get the best performance, the material was installed in at least eleven ways and a math model was used to describe the phenomenon. The obtained results indicated that the researched material behaved as Helmholtz resonator. This research has provided scientific information on how calabash residue can be used as a sound absorption alternative material.

Keywords *alternative acoustic material, room acoustics, reverberation time.*

1. INTRODUCTION

The question of the characteristics and functioning of industrialized acoustic materials have been widely discussed by several authors in the specialized bibliography. These authors describe not only the types of acoustic materials commonly used in civil construction, but the potential of sound absorption of these materials for acoustic treatment. However, there is not yet enough information on the acoustic performance of alternative materials at a low cost. The aim of this study was to evaluate the sound absorption potential of the material from the gourds production process in Rio Grande do Sul. The mate, a cultural trait which originated in ancient indigenous who inhabited the region of Paraguay and Rio Grande do Sul during the seventeenth and eighteenth centuries, currently generates a significant portion of GDP gaúcho. The enormous popularity of this habit among the gaúchos brought a considerable increase in the production of gourds for mate. But the residual material from the production of gourds does not find a favourable economic destination, staying as organic waste in the courtyard of the companies in the sector. Motivated by this context and the need for economically sustainable products, also in the acoustic area, was developed this work.

The Figure 1 bellow shows calabash residues staying as organic waste in the courtyard of the mate companies:



Figure 1: calabash residues staying as organic waste in the courtyard of the mate companies

2. METODOLOGY

Initially it was made a previous classification of gourds to select those that had similarity in size, shape, outer diameter and thickness, in order to compose the sample for the experiments. The experiments were carried out in the standard chamber of the Acoustics Laboratory of Federal University of Santa Maria, according to international norm ISO 354. In the experiments were used the following equipment, as shown in the figure 2 bellow:



Figure 2: acoustic equipment in the acoustic laboratory of Federal University of Santa Maria

Where 1 = sound source B & K type 4224; 2 = rotating microphone B & K type 3923; 3 = acoustic analyser B & K type 4418; 4 = printer B & K type 2318; 5 = sound calibrator B & K; 6 = climate analyser B & K type 1213.

Figures 3-8 below refer to the acoustic experiments:



Figure 3: some of the raised pieces with opening down



Figure 4: raised pieces with opening down put together in the reverberation chamber



Figure 5: some of the joined pieces



Figure 6: joined pieces put together in the reverberation chamber



Figure 7: gourd bottoms glued on sheets of plywood



Figure 8: natural calabashes in the reverberation chamber

The raised pieces with opening down behave as Helmholtz resonators, whose mathematical modelling is described in the Figures 9-10 below:

$$f = \frac{c}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{S}{[1,6 \cdot (R_i + L)] \cdot V_i}} \quad (9)$$

where f = internal resonance frequency of gourd in Hertz; c = speed of sound in air; S = area where air passes; R_i = gourd's inner radius; L = gourd's thickness; V_i = gourd's internal volume.

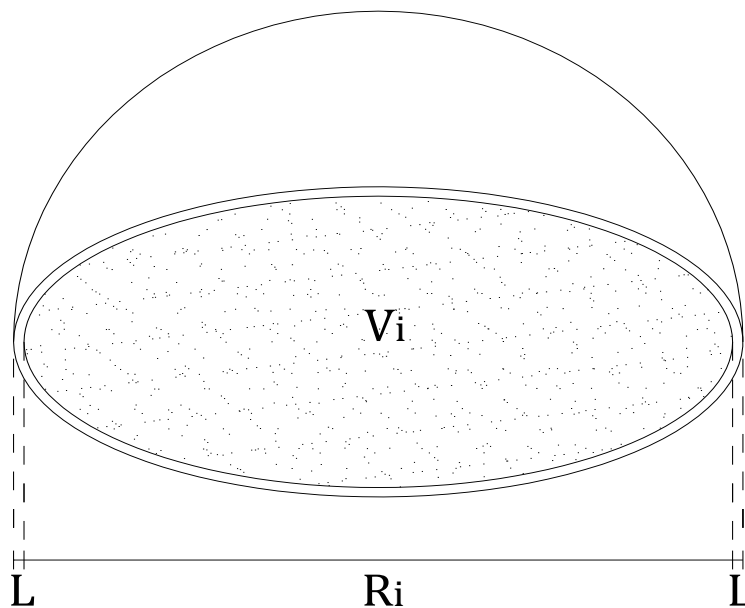


Figure 10: schematic drawing of a gourd

3. RESULTS

Figures 11-14 below summarize the acoustic results:

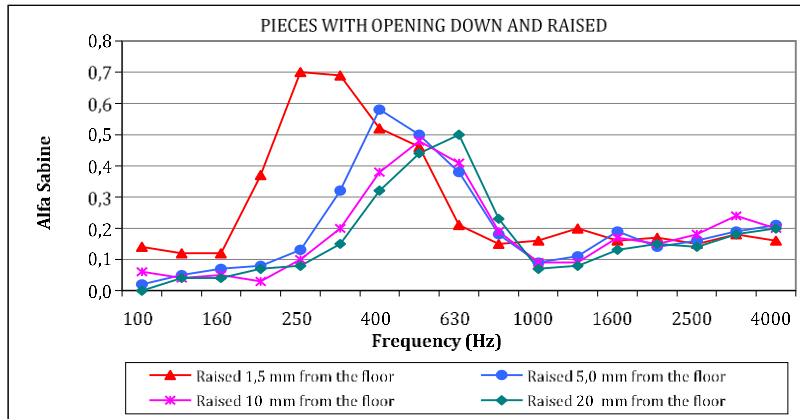


Figure 11: raised pieces with opening down

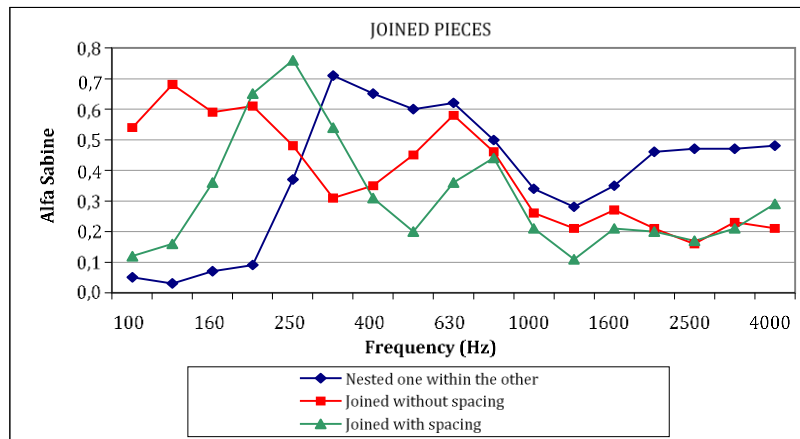


Figure 12: joined pieces

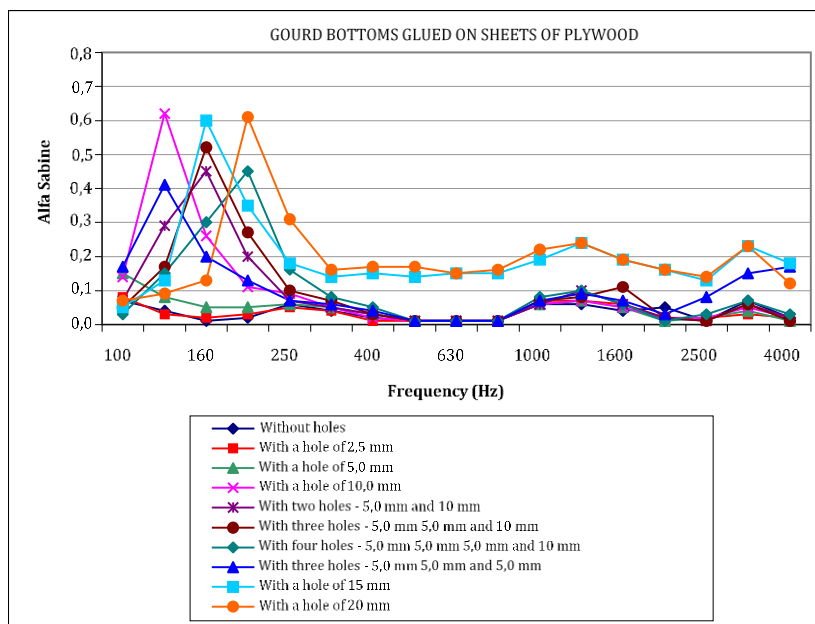


Figure 13: gourd bottoms glued on sheets of plywood

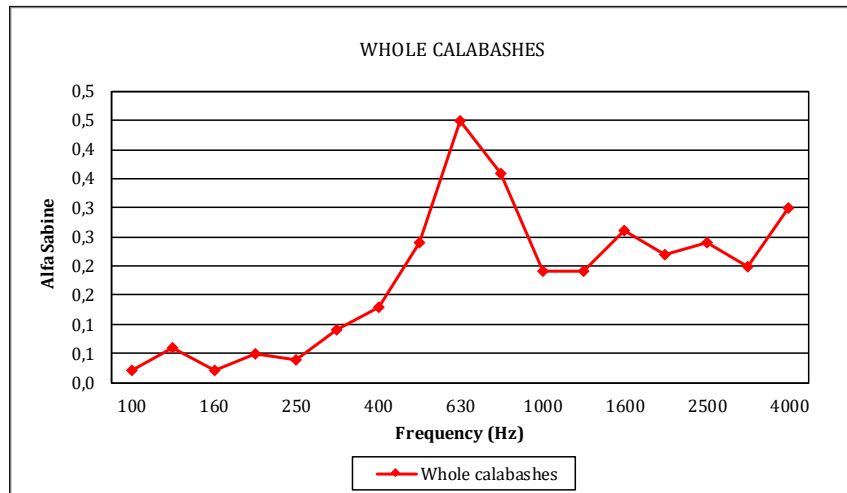


Figure 14: whole calabashes

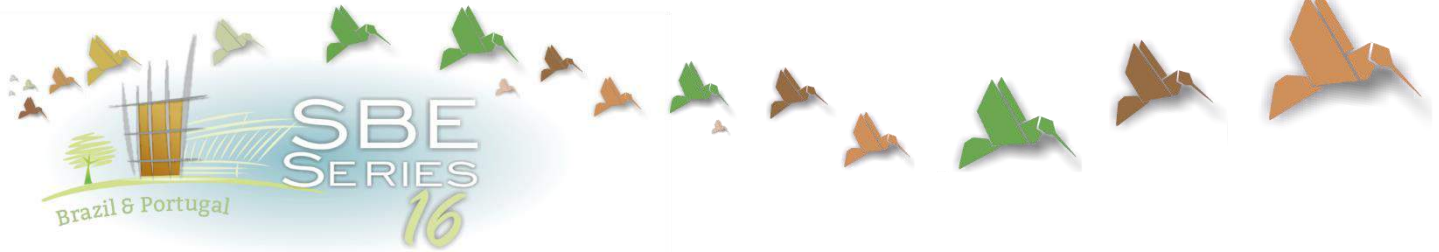
4. CONCLUSIONS

The research findings were the following:

- The evaluated material, being an abundant waste in the south of the country, characterizes itself as an alternative acoustic material at a low cost and sustainable;
- The calabash residues behave as Helmholtz resonators whose resonant frequency will depend on the chosen assembly. In addition to the sound absorption property, the peculiarly rounded geometric shape gives the gourds the ability to be an efficient sound diffuser;
- The material studied, being a natural product and because of the woody constitution, requires specific treatment for insect attack protection, as well as fire and decomposition;
- Concerning raised gourds with opening down, whose absorption varies depending on how much they are distant from the floor, it can be concluded that it is possible to adjust its height depending on the frequency to be corrected;
- The joined pieces have one of the highest absorption coefficients and amplitude at low frequencies, but this is the arrangement more difficult to implement;
- The gourd bottoms glued on sheets of plywood behave as the classic Helmholtz resonator, whose frequency and magnitude of Alpha Sabine varies depending on the gauge and number of holes;
- The mechanism of sound absorption due to the internal volume of the calabash residues serves as reference for the study of other similar alternative materials, such as coconut shell, disposable containers, and remains of processed products.

REFERENCES

- Acoustics – Measurement of sound absorption in a reverberation room: ISO 354. 2003.
- Báring, J. G. A. 1998. A conceituação necessária para se chegar ao desenvolvimento tecnológico em acústica das edificações – 1º parte. Revista A construção. Nº 2087, IPT/PINI. São Paulo, 4p.
- Bistafa, S.R.2006. Acústica aplicada ao controle do ruído. Editora Edgard Blucher, São Paulo, 368 p.
- Brüel & Kjaer. 1989. Máster catalogue – Eletronic instruments. Denmark: K. Laresen & Son A/S, 904p.
- Costa, E.C. 2003. Acústica Técnica. Editora Edgard Blucher LTDA, São Paulo, 127 p.
- Freitas, A. P.M.2006. Estudo do impacto ambiental causado pelo aumento da poluição Sonora em áreas próximas aos centros de lazer noturno na cidade de Santa Maria – RS. Dissertação de Mestrado, Santa Maria, 99 p.
- Gerges, S. N. Y. 1992. Ruído: fundamentos e controle. Florianópolis: UFSC, 600 p.
- Gomez, G. O. 1988. Acústica aplicada a la construcción. Santiago de Cuba: Ediciones, 53p.
- Marco, C. S. 1990. Elementos de acústica arquitetônica. 2. ed. São Paulo: Ed. Nobel, 129 p.
- Méndez et al. 1991. Acustica arquitectonica. Buenos Aires: UMSA, 238 p.
- Oliveira, M.A. 2007. Estudo da eficiência da duplicação de janelas na melhoria do isolamento acústico destes componentes. Dissertação de mestrado. Santa Maria, RS.
- Paixão, D. & SANTOS, J. P. 1994. A janela da edificação – Avaliação sob ponto de vista da acústica. In: I CONGRESSO BRASIL/ARGENTINA – 15º ENCONTRO DA SOBRAC. Florianópolis. Anais, p. 399-402.
- Picada, G. 2002. Potencial das sobras de porongos da fabricação de cuias como absorventes sonoros. Dissertação de mestrado. Santa Maria, RS.
- Pujolle, J. 1978. La pratique de l'isolation acoustique des batiments. Editions du Moniteur. Paris, 574 p.
- Santos, J.L.P.2012. Isolamento Sonoro de Partições Arquitetônicas. Editora UFMS, Santa Maria, 174 p.
- Silva, D.T. 2000. Estudo da Isolação Sonora em paredes e divisórias de diversas naturezas. Dissertação de mestrado, Santa Maria, 126 p.
- Templeton D. et al. Acoustics in the built environment. Reed Educational and Professional Publishing Ltd, 1997.



The contribution of green roofs to mitigate urban heat island effect in Rio de Janeiro

Sarka Konasova

*Czech Technical University in Prague, Department of Economics and Management in Civil Engineering,
Thakurova 7, Praha 6, 166 29 Czech Republic*

sarka.konasova@gmail.com

ABSTRACT: Green roofs represent the reintroduction and inclusion of vegetation and biodiversity in the built urban environment. The integration of vegetation through green roofs; for example, using grasses, succulents, flowers, shrubs, and trees in urban areas is particularly important to maintain cool built urban environment because buildings, streets and other infrastructures increase the heat absorption, which results in the urban heat island effect. In addition to mitigating the warm urban climate, green roofs reduce energy consumption, provide spaces for recreation, and preserve biodiversity, which is probably one of the greatest challenges of our time, considering climate changes and environmental degradation by massive urbanization. This paper demonstrates results of air temperature, air humidity, and surface temperature measurements between a conventional roof and an extensive green roof located in Rio de Janeiro. The objective of this study is to evaluate the contribution of green roofs to mitigate the urban heat island effect through monitoring.

Keywords *green roof, urban heat island effect, built-up area, temperature*

1. INSTRUCTION

According to the report of Millennium Ecosystem Assessment (2005), at the beginning of 20th century, 15% of the world population lived in cities. Currently, with rapidly growing world population, more than half of the population lives in urban areas, which is approximately 2.8% of total land of the Earth. While the major cities offer many opportunities; their habitants are exposed to the higher temperatures, pollution, noise, and the remoteness from nature. The inclusion of the vegetation can contribute to the built urban environment by minimizing its negatives impacts.

Reintroducing greenery in cities provides many advantages for habitants, mainly enhances the quality of their lives and connects the buildings with their unique local environment. One of the possibilities how to incorporate the vegetation in the building envelope is in the form of green roofs. Green roofs offer multiple environmental benefits by integrating the natural cooling, insulating, and water retention properties of soil and plants into urban buildings. There are many potential benefits of green roofs, but this paper focuses on green roof as a possible mitigation strategy of the urban heat island effect.

2. URBANIZATION CAUSING THE LOSS OF GREEN SPACES

Cities occupy a small proportion of our planet, but they are the most concentrated areas of population in the world. The percentage of the population living in cities continues to increase, as the rural population decreases. Most of this growth occurs in developing countries (United Nations, 2004), especially in tropical areas, where urban infrastructure has to be built yet. Thus, in the near future, the largest proportion of humanity will live in areas where the local environment has been profoundly modified by the cities, which are already constructed or will be constructed.

Latin America is the third most urbanized region in the world. In the past, cities in this region were mostly characterized by simple structures, which in recent years have passed thought an enormous development. There are cities where urbanization, economic and political processes are concentrated disproportionately in relation to other cities in the same country. In Brazil, São Paulo and Rio de Janeiro belong to these cities (Bouteligier, 2012).

Brazil has experienced rapid urbanization during the 20th century, when the cities acquired the growing importance in the territorial organization of the country. This staggering grow of cities caused that in these days 80% of Brazilians live in urban areas (Logan, 2015). The process of industrialization began in the first half of the twentieth century, and it has always been strongly linked to urbanization, with a direct influence on the structure and formation of the urban network. This urban network currently consists of regional systems located mainly along the coast, mostly in the south and southeast, such as Rio de Janeiro, Sao Paulo, and Salvador.

In the last decades, Rio de Janeiro has undergone a process of urban expansion, when the vegetation was largely replaced by concrete and asphalt surfaces. Despite the fact that Rio de Janeiro has the largest urban forest in the world, the built-up areas have been progressively modifying the city landscape. The city lost at least thousands hectares of green

spaces during last 50 years (Platonow, 2012). The urban growth of Rio de Janeiro between 1940 and 2009 is demonstrated in Figures 1 and 2. From the figures, it can be seen an augmentation of urban areas, when urban development occupied almost every non-built-up area. This fact has a significant impact on creation of heat islands in Rio de Janeiro, especially in the city center.

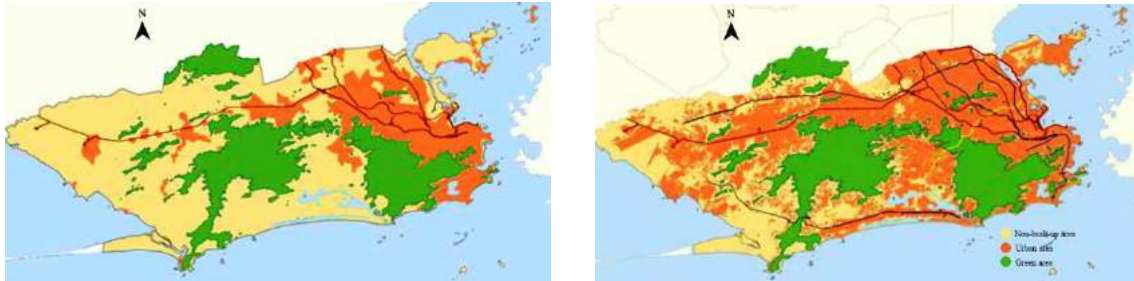


Figure 1, 2. Rio de Janeiro 1940 and 2009, Source: Rio em Mapas, <http://portalgeo.rio.rj.gov.br>

3. URBAN HEAT ISLAND EFFECT

A built-up environment has significant influence on urban temperatures, which has been found to be noticeably warmer than its surrounding rural areas. This phenomenon is called the urban heat island (UHI) effect (Oke, 1987), where urban structures absorb solar heat during the daytime and release it slowly back to the environment at night.

The urban heat islands occur in cities all around the world, and it is a result of the different thermal properties of urban surfaces. In Rio de Janeiro, especially during the hottest period of the year, up to 25°C differences can be observed in comparison to rural areas of the city (Reynolds, 2015). There are several types of heat islands depending on the topography and climate. Cities at higher latitudes face the urban heat island effect at night when the stored heat within the urban structures is released. In contrast, cities in tropical latitudes, such as Rio de Janeiro, face this effect during the daytime.

3.1 Green roof as one of most effective strategy for mitigating UHI effect

Green roofs have a positive contribution for mitigating the urban heat island effect for two main reasons: (i) protecting buildings from solar radiation by the physical act of shading; (ii) causing the process of evapotranspiration and photosynthesis (Niachou et al., 2001). It is well established that plants have a cooling effect and therefore they can be used strategically in built-up areas to reduce the air and surface temperatures. Integrating vegetation in cities is seen as the most cost-effective strategy for mitigation the urban heat island effect, because greenery makes the environment cooler through a process of evapotranspiration; where large amount of solar radiation can be converted to latent heat.

Nowadays, there are several studies, which established the correlation between increasing of urban vegetation and reducing of local temperature (Takebayashi et al., 2007). Thus, it can be concluded that augmentation of green roofs can represent as an effective tool to mitigate UHI effect. For example, in Singapore, the integration of vegetation into architecture has been successfully used for more sustainable urban development, cooling urban environment and reducing the energy consumption of buildings. The study reported by Gill et al. (2007) demonstrates that increasing by 10% of urban green cover in

Manchester, UK, could amortize the predicted rise by 2.5°C of the temperature by the 2080s. Green roofs are mostly fully covered by vegetation, for this reason; there are one of the most promising strategies to reduce urban heat island effect.

4. STUDY AREA

The city of Rio de Janeiro (22 ° 54'10 "S 43 ° 12'28" W) is a Brazilian city, located in the southeast of the country, at an altitude of about 10 meters in relation to the mean sea level. Rio de Janeiro is the capital of the state of Rio de Janeiro, the third most populous state in Brazil. The city's metropolitan area is the second most populous metropolitan area in Brazil and seventh most populous in the Americas, which has 1197 km² surface area. In 2014, according to Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE, 2014) the population of Rio de Janeiro was 6 476 631.

The city of Rio de Janeiro consists of an exceptional urban setting encompassing the key natural elements that have shaped the development of the city, from the highest points of the Tijuca National Park's mountains down to the Atlantic Ocean and Guanabara Bay in the east. The diverse terrestrial landscape contributes to the great variability of temperature, precipitation, humidity, wind, cloud cover, and evaporation.

According to the Köppen-Geiger climate classification system, climatic condition of Rio de Janeiro is Atlantic tropical with an average air temperature of 16°C throughout the year and a dry season in which the average monthly precipitation is less than 60 mm for at least one month of the year. The average annual temperature varies between 23°C and 24°C, where the highest monthly average occurs during summers in February (28.7°C), and the lowest monthly average occurs during winters in July (21.3°C) (INMET, 2015).

4.1 Case study: Copacabana

Copacabana is a neighbourhood located in the south of the city of Rio de Janeiro between the Atlantic Ocean and São João, Cabritos and Cantagalo hills. It is known for its beach that is one of the most famous in the world and carries the same name as neighbourhood. In 1892, the inauguration of the tunnel Velho, which connected neighbourhood Botafogo with Copacabana, allowed to integrate Copacabana with rest of the city (Kaz, 2010). Due to the demand to live in Copacabana by growing middle class, the neighbourhood began to expand vertically up to twelve-story and became one of the most densely populated parts of the city. According to IBGE (2014) total population of Copacabana was 147 021 inhabitants in 2014. The lack of green spaces inside of the densely built-up area of Copacabana causes many heat islands. For this reason, Copacabana was chosen as the study area for demonstrating the possibility to mitigate the urban heat island effect by using a green roof.

The software ENVI was utilized for the purpose of determination of the roof systems applied in Copacabana district. Three systems of conventional roofs were defined through satellite images; flat concrete roof, pitched roofs with ceramic tile, and tin roof. Three representative areas of the district have been subjected to a proportional analysis of construction systems, considering the colour of the roofs. This analysis resulted in a conclusion that estimated that 85% of roofs are flat concrete roofs, 13% of pitched roofs with ceramic tiles, and 2% of a tin roof.

During the analysis, the green roof was not found in any of the randomly selected areas, only vegetation in the form of flowers or palm trees on rooftops. In the process of searching a green roof for this case study, one was found through the local news, on the building of supermarket Zona Sul. Since the installation of the green roof was finished recently and probably satellite images were not actualized, it was not possible to find it by Google Earth.

5. METHODS

The mitigation effect of the green roof on urban heat island was assessed by using meteorological measurements, which were collected by two automatic weather stations that were installed on two types of roofs; an extensive green and a conventional roof in Copacabana, during 22nd of February to 28th of February of 2016.

The selected study area is a densely urbanized area of Copacabana, which is characterized by ground-floor shops, restaurants, cafes, and bars. This part of Copacabana was selected based on the only green roof that was found in the neighbourhood, on the supermarket Zona Sul (Figure 3). Finding green roof in Rio de Janeiro is arduous, as the matter of fact, just a few green roofs are installed in whole city. After all, getting permission to carry out measurements is complicated, too. Based on the experimental green roof, the conventional roof of reinforced concrete slab was found in the same area to undertake a fair comparison analysis (Figure 4). The distance between the two buildings is approximately 200 meters. Both buildings have similar geometric characteristics; the number of floors, side of street, environment, and sun path direction.



Figure 3: Green roof, Source: Author, 2016



Figure 4: Conventional roof, Source: Author, 2016

The three-story supermarket Zona Sul has an extensive green roof covered by grasses and low plants, which are not demanding high maintenance. The supermarket Zona Sul is located at 29 Dias da Rocha Street. The green roof system consists of drainage system leading to rainwater harvesting tanks to reuse the water for the irrigation system. The supermarket is surrounded by lower building in the Northwest and the higher building in the Southeast. The nearest obstruction around the green roof is just twelve-story building in the Southeast, but the direction of this building prevents the creation of shadow during day. The weather station was installed one meter above the roof surface and was located three meters away from the Northwest and Northeast edge of the green roof.

Second two-story residential building with a conventional roof is located at 572 Barata Ribeiro Street. The surrounding neighbour buildings are situated in the Northwest and

Southwest. Seven-story building located in the Northwest in relation to selected conventional roof creates a shadow at the end of afternoons. The nearest vegetation is in the form of flowers and trees on the street. The roof consists of reinforced concrete slab and concrete tiles. The weather station is installed one meter above the roof surface and is located three meters away from the Southwest and Southeast edge of the roof.

The two weather stations were borrowed from the metrology laboratory of UFRJ. The metrological stations are comprised of perforated plywood shelter, tripod, thermometer, and thermocouple. Waterproof HOBO Pro Series-onset sensor was used to provide information about air temperature and relative air humidity. HOBO sensor has an integrated data logger, which is fully automatic to collect data on a 24-hour basis. Data logger was programmed to measure air temperature and relative humidity every 10 minutes. The data logger with the full battery could record data for 151 days, and then it is important to download all the data through the Box Car software and program the data logger again. Thermocouple wire with data logger Log Box Novus was chosen to measure surface temperature. The sensor at the end of the wire was calibrated based on the method using hot and cold water with the utilization of another thermometer. The data logger was programmed to measure surface temperature also every 10 minutes. The data logger with the full battery could record data for 227 days, then it is important to download all the data through the Log Chart II software and program again because all previous data will be removed. Both data loggers are placed inside the shelter to be in shadow, only the thermocouple is fixed on the surface of the roof.

6. RESULTS

The collected results demonstrate that the average air temperature of the green roof is cooler than the conventional roof during the selected period of February. The average air temperature results for the entire period demonstrates that the average air temperature of the green roof of supermarket Zona Sul was 27.30°C and the conventional roof of the residential building was 29.62°C. The difference in average air temperature between two sides is 2.32°C (Figure 5). The maximum difference reached a value of 3.47 at 5:22.

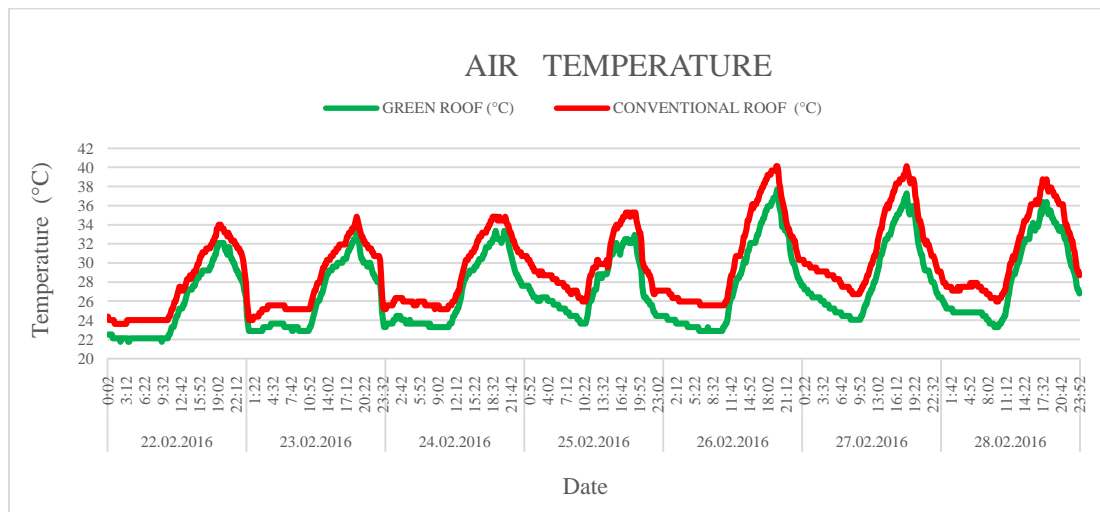


Figure 5: The air temperature, Source: Author, 2016

As can be seen from the Figure 5, the air temperature of the green roof is below that of the conventional roof almost all the time. The factors behind this result are evapotranspirational shading and cooling (Taha, 1997). The greatest reduction in air temperature occurred between 00:00 and 12:00.

In February, the relative humidity varies between 60% and 90% in Rio de Janeiro (Leal, 2013). Based on collected data, Figure 6 shows the relative humidity of green roof and conventional roof. The results reveal that the average relative humidity of green roof was 77.04% and the conventional roof was 68.78%. The difference in average relative humidity between the two samples is 8.27%. The maximum differences occurred between 24:00 and 12:00 and reached up to 12.8% at 6:12.

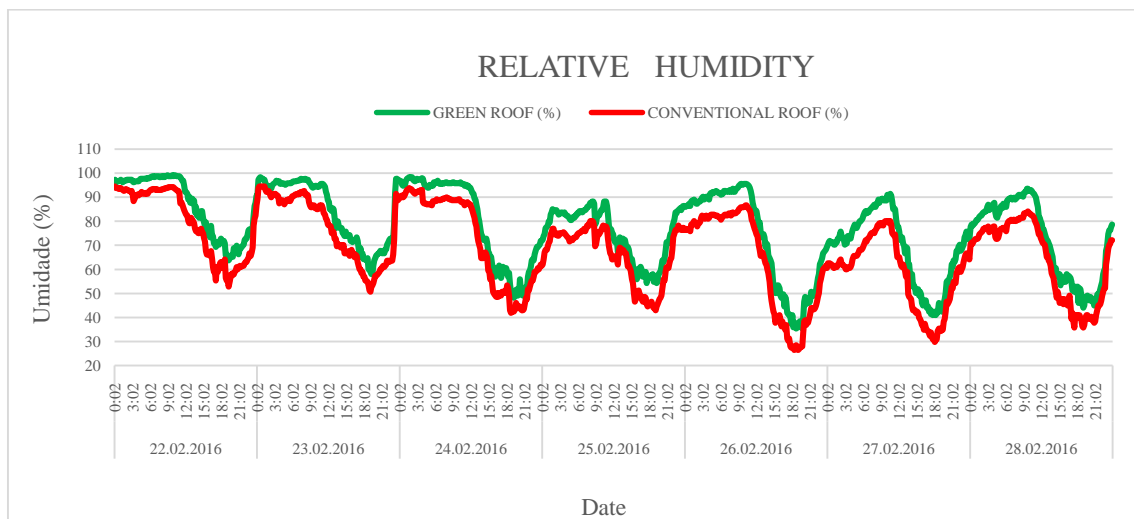


Figure 6: The relative humidity of air, Source: Author, 2016

Figure 7 demonstrates the surface temperatures that were obtained from data logger of thermocouple wire during the same period of the summer. As can be seen from the figure, the average surface temperature of green roof was 31.41°C and the conventional roof was 36.35°C. The difference in average surface temperature is 4.93°C. The maximum differences occurred between 20:00 and 8:00 and reached up to 19°C.

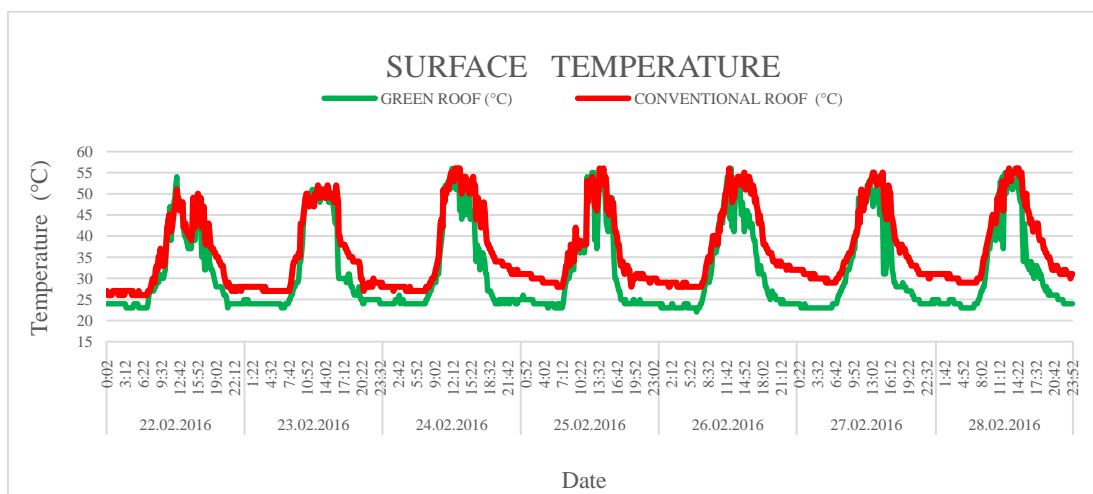


Figure 7: The surface temperature, Source: Author, 2016

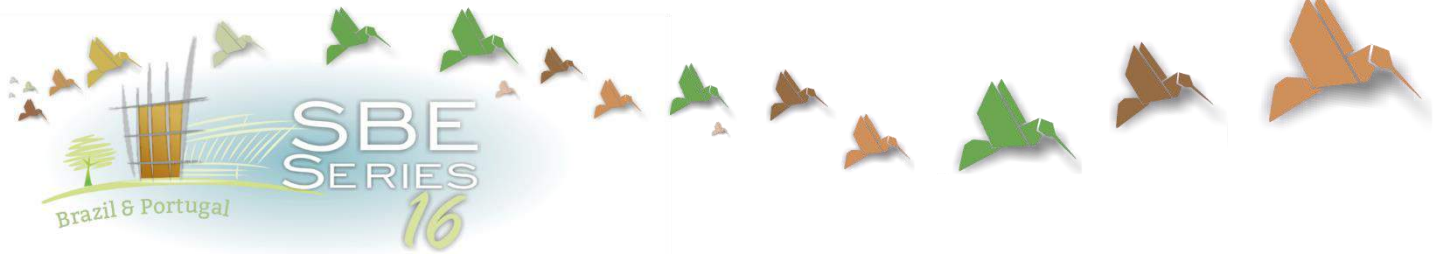
The presented results in these figures prove that the green roof can significantly reduce the surface temperature, which supports the fact that concrete in contrast to the vegetation of green roof absorbs and retains solar energy more, also does not rapidly release the heat back into the atmosphere. Further, the green roof can cool down air temperature and increase humidity above roofs and in their surrounding environment. These results support many studies that suggesting the increase of urban vegetation as a method to mitigate the urban heat island effect. Considering that, the green roofs are the practical way to integrate urban vegetation in a densely built-up area.

7. CONCLUSION

Urbanization has various impacts on the residents' quality of life, and one of the most noticeable consequences is the rise of temperature. The replacement of vegetation by artificial land covers and anthropogenic activities tends to be the main factors responsible for the temperature increases in the urban area of Rio de Janeiro. The presented results in this paper show that green roofs have a significant contribution to mitigate heat islands, and for this reason should be considered as one of the most effective mitigation strategies. In some densely urbanized cities, where is not possible to create public green spaces e.g. parks or small green areas of lawns and trees, the green roof represents the best alternative for returning the nature to these cities for making them cooler.

REFERENCES

- Bouteligier, S. 2012. *Cities, Networks, and Global Environmental Governance: Spaces of Innovation, Places of Leadership*, Routledge, New York, ISBN-13: 978-0415537513.
- Gill, S.E.; Handley, J.F.; Ennos A.R. and Pauleit, S. 2007. Adapting Cities for Climate Change: The Role of the Green Infrastructure. *Built Environment*, 33, 115-133.
- IBGE. 2014. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – Rio de Janeiro. Online: www.ibge.gov.br.
- INMET (National Institute of Meteorology). 2015. Weather information for the Olympic and Paralympics Games in Rio de Janeiro 2016, RIO 2016, pdf.
- Leal, M. 2013. *Boletim meteorológico para o Rio de Janeiro*, Seção de Análise e Previsão do Tempo, INMET Report. p.2.
- Kaz, S. 2010. *Um jeito Copacabana de ser: o discurso do mito em O Cruzeiro e Sombra*. Tese de Doutorado, Departamento de Artes e Design da PUC- Rio, p. 249.
- Logan, A. 2015, Crossing Streets: Social Divides and Urbanization in Brazil, The Borgen Project- blog. Online: <http://borgenproject.org/crossing-streets-social-divides-urbanization-brazil/>
- Millennium Ecosystem Assessment, 2005. Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis, World Resources Institute, Washington, DC.
- Niachou, A.; Papakonstantiou, K.; Santamouris, M.; Tsangrassoulis, A. & Mihalakakou, G. 2001. Analysis of the green roof thermal properties and investigation of its energy performance, *Energy and Buildings*, 33. pp. 719-729.
- Oke, T. R. 1987. *Boundary Layer Climates*, London: Routledge, ISBN 0-203-71545-4.
- Platonow, V. 2012. *Área verde por habitante cai 26% no Rio com avanço de favelas e especulação imobiliária*, Meio Ambiente, Agência Brasil.
- Reynolds, L. 2015. Sustainability. Rio de Janeiro's Urban Heat Islands: A Primer, International Observers, Research & Analysis, Solutions, Understanding Rio.
- Taha, H. 1997. Urban climates and heat islands: albedo, evapotranspiration, and anthropogenic heat, *Energy and Buildings*, 25(96), pp. 99 – 103.
- Takebayashi, H. and Moriyama, M., 2007. Surface heat budget on green roof and high reflection roof for mitigation of urban heat island. *Building and Environment* 42 (80), 2971-2979.
- United Nations. 2014. World Urbanization Prospects. World's population increasingly urban with more than half living in urban areas, Published by the United Nations, ISBN 978 -92-1-151517- 6.



Windows and Facades: Proposal of a Device for Increasing Performance for Natural Ventilation and Daylighting

Egon Vettorazzi

Federal University of Latin American Integration, Architecture and Urbanism, Foz do Iguaçu (PR), Brazil

egon.arquiteto@gmail.com

Helenice M. Sacht

Federal University of Latin American Integration, Civil Engineering of Infrastructure, Foz do Iguaçu (PR), Brazil

helenice.sacht@unila.edu.br

Marcelo Langner

Centro Universitário Dinâmica das Cataratas, Architecture and Urbanism, Foz do Iguaçu (PR), Brazil

marcelolangner@gmail.com

Darwin J. Camacho

Federal University of Latin American Integration, Architecture and Urbanism, Foz do Iguaçu (PR), Brazil

darwin.camacho@aluno.unila.edu.br

ABSTRACT: Buildings energy consumption in Brazil corresponds to about 47% of total consumption. In this respect, facades and windows are elements which influence directly that consumption. Thus, the aim of this work is the study of a device for windows and facades, which operates to increase building energy efficiency, without adding monthly maintenance costs. The proposed Sun-Air-Light device has three main functions: The first function is the protection against unwanted solar radiation by shadowing. The second function improves the conditions of natural ventilation and the third one improves the distribution of daylighting in the interior, by means of a light shelf solution. An analyze was performed by means of computer simulations for comparing the use of the device with a conventional window to obtain the performance data in terms of daylighting and natural ventilation; using the computer programs Autodesk Revit 2016 and Flow Design; Daylight Visualizer 2.8.4 and Design Builder 4.2. It was observed that besides viable for different Brazilian latitudes, the use of the device can increase the thermal comfort conditions, reducing solar gain by exterior windows around 36.06% on average, and thus reducing the energy consumption. The device further improves daylighting conditions of the environment and contributes to sustainability of buildings with their use.

Keywords *Windows; Facades; Device; Natural ventilation; Daylighting; Shading.*

1. INTRODUÇÃO

Estudos demonstram que a composição arquitetônica exerce grande influência no desempenho energético da edificação. Mascaró & Mascaró (1992) constatam que entre 25 a 45% da energia consumida em uma edificação é devido à má orientação e desenho inadequado das fachadas. Já Santos (2002) afirma que uma mesma edificação disposta em cidades diferentes, por exemplo, as cidades brasileiras de Belém e Porto Alegre, pode provocar o aumento de até 80% do consumo de energia elétrica.

Para melhorar o desempenho energético das edificações, as janelas e fachadas são elementos importantes nos quais o arquiteto pode intervir. Projetistas desenvolveram ao longo dos anos novas tecnologias, como a prateleira de luz e o peitoril ventilado, que são adicionadas a esses elementos construtivos, principalmente para controlar a incidência da radiação solar e auxiliar na ventilação natural no interior da edificação.

Sobre dispositivos de sombreamento, Bellia et al. (2014) apontam que os parâmetros a serem considerados para projetá-los são muitos, porém, até agora nenhum esforço significativo tem sido feito no sentido de classificar e caracterizar esses dispositivos; destacam essa complexidade e o fato de que, nos últimos anos, têm sido propostos diferentes tipos de dispositivos de controle solar, dependendo da orientação do edifício, localização, características de janelas, entre outros fatores e os mesmos podem contribuir para melhorar ou piorar o desempenho térmico, de iluminação e energético dos ambientes das edificações se não forem vistos com maior critério.

Freewan (2014) examinou o efeito do uso de dispositivos de sombreamento na temperatura do ar, ambiente visual e interação entre os usuários em escritórios orientados a sul-oeste na Universidade de Ciência e Tecnologia da Jordânia. Os resultados mostraram que a temperatura em escritórios com dispositivos de controle solar em comparação com o escritório sem uso dos mesmos foi reduzida à níveis aceitáveis e o ambiente visual foi melhorado por meio do controle do nível de iluminância, melhorando assim a distribuição da iluminação e eliminando o ofuscamento.

Outros estudos avaliaram o desempenho de edifícios de escritórios em Los Angeles, Estados Unidos, com sistemas de sombreamento integrados em termos de consumo energético e qualidade de iluminação natural, por meio de simulações computacionais. Foi observado que o uso desse tipo de sistema em três fachadas resultou em 5,3% de economia de energia total (Ming Qu & Peng, 2016).

Observa-se que dispositivos de sombreamento são cruciais, especialmente em climas com verão de elevadas temperaturas. Nesses casos, deve-se proteger a janela de radiação solar no verão, porém, permitindo simultaneamente a entrada de radiação solar no inverno caso apresente baixas temperaturas durante esse período. Por esta razão, são necessários estudos precisos do desempenho de tais dispositivos. Nesse caso, ferramentas de simulação computacional podem ser utilizadas para identificar o elemento de sombreamento mais adequado que se adapte ao edifício, bem como a sua combinação com outros tipos de funções, como é o caso do dispositivo desenvolvido no presente trabalho. Trata-se do dispositivo denominado Filtro Sol-Ar-Luz, que apresenta três funções principais: proteção contra a radiação solar indesejada, por meio de sombreamento, ocasionando assim a diminuição da radiação solar no interior da edificação; incrementa ainda as condições de

ventilação natural, mesmo com a janela fechada como em períodos noturnos e de chuva; e a terceira função, melhora a distribuição da iluminação natural no interior, por meio de uma prateleira de luz.

Diante desses aspectos, o objetivo geral consiste na proposta e análise de um dispositivo complementar à janelas e fachadas, o Filtro Sol-Ar-Luz, que funciona para aumentar a eficiência da edificação em termos energéticos, sem agregar custos mensais de manutenção do sistema.

2. METODOLOGIA

Para desenvolver o estudo do dispositivo proposto, foram realizadas análises, por meio de simulações computacionais em comparação com uma janela convencional. Foram analisados dados de desempenho em termos de radiação solar/sombreamento, iluminação natural e ventilação. Para tal, foram utilizados os programas computacionais Autodesk Revit 2016 e Flow Design; Daylight Visualizer 2.8.4 e Design Builder 4.2.

Para os estudos de radiação solar/sombreamento foram determinados os períodos de solstício de verão (21 de dezembro) e de inverno (21 de junho) no hemisfério sul e foi considerada a latitude 30 graus, no horário solar de meio dia na fachada de orientação solar norte. Os estudos dos ganhos solares pelas janelas com e sem o uso do Filtro Sol-Ar-Luz foram realizados para as latitudes 0°, 15° e 30° graus sul, nas orientações de fachada sul e norte, ao longo de todo o ano.

Já para os estudos de iluminação natural foram realizadas simulações computacionais comparativas, entre o solstício de verão e inverno, no horário do meio dia. A latitude utilizada foi a de 30 graus sul, considerando esse o caso mais crítico quanto à iluminação natural, dentre as latitudes em estudo, devido à maior inclinação da radiação solar do solstício de inverno. Segundo Frota (2004), toma-se o horário do meio dia como o ponto solar ideal para análise da radiação solar nos períodos de solstício de verão, solstício de inverno e equinócios de primavera e outono. A Figura 1 apresenta a influência da latitude no ângulo solar do solstício de verão, inverno e equinócios e sua relação com a arquitetura.

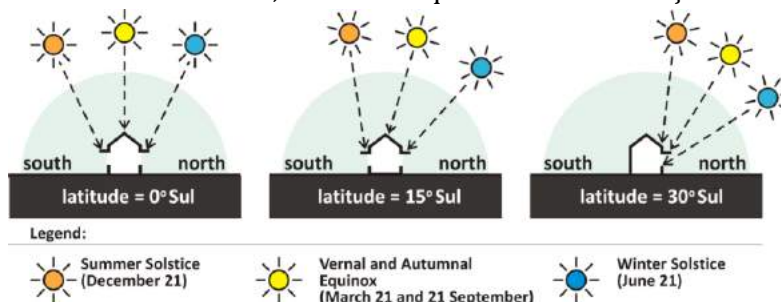


Figura 1. Latitude e o ângulo da radiação solar em diferentes períodos do ano.

2.1 Verificação das Condições de Radiação Solar, Iluminação Natural e Ventilação Natural

Para verificação da incidência de radiação solar no interior de um ambiente com e sem o dispositivo desenvolvido, foram realizadas simulações computacionais com o Autodesk Revit 2016. O Revit oferece a visualização da radiação solar no interior do ambiente na época do ano e horário desejado (Fig. 2). Também foi utilizado o programa Design Builder 4.2.0, para quantificar comparativamente os ganhos solares obtidos para um caso base com

uso de janelas convencionais e da mesma janela com o uso do Filtro Sol-Ar-Luz, considerando o período de um ano e as latitudes de 0, 15 e 30 graus sul já citadas anteriormente. Para cada latitude, foram realizadas simulações de janelas convencionais e do uso do Filtro Sol-Ar-Luz nas fachadas com orientação solar norte e ao sul (Fig. 3).

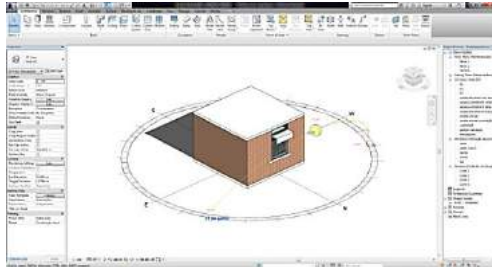


Figura 2. Tela principal do software Autodesk Revit 2016

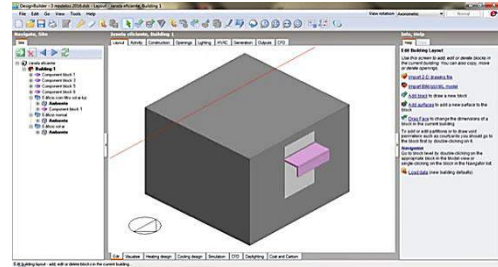


Figura 3. Tela principal do software Design Builder 4.2.0.

Na latitude 0 grau sul foi adotado um elemento de controle da radiação solar para todo o ano, com mesmo tamanho nas fachadas de orientações solares ao norte e ao sul, 37,5cm. Para a latitude 15 graus sul foi adotado um elemento de controle da radiação solar para todo o ano, na fachada com orientação solar norte com tamanho de 80cm e na fachada de orientação solar sul com 30cm. Já na latitude 30 graus sul, optou-se por utilizar um elemento de controle solar que proteja da radiação solar no verão e permita a entrada da radiação no inverno, sendo utilizado 54cm na fachada norte. Nessa mesma latitude, não é necessário a utilização desse elemento na fachada de orientação solar sul para proteção da radiação solar, porém foi adotado um elemento com 30cm para análise comparativa com as demais latitudes e para permitir a ventilação natural dessa fachada. Foram realizadas um total de doze simulações, uma simulação com o Filtro Sol-Ar-Luz e outra sem o uso do elemento para cada latitude sul (0, 15 e 30 graus) para fachadas de orientação solar norte e sul.

Para os estudos quanto à iluminação natural, foram executadas simulações computacionais com o programa Daylight Visualizer 2.8.4 (Fig. 4), para os solstícios de verão e inverno na latitude de 30 graus sul na fachada de orientação solar norte. As simulações demonstraram graficamente os valores de iluminância (lux) nas superfícies do ambiente. Foram realizadas, para o solstício de verão e inverno, uma simulação para a janela convencional e uma considerando o uso do Filtro Sol-Ar-Luz, totalizando quatro simulações.

Já para verificar qualitativamente o desempenho quanto à ventilação natural foi considerada a janela fechada em períodos noturnos ou em dias de chuva e realizada a simulação computacional com o programa Autodesk Flow Design. Foram realizadas um total de duas simulações, uma com o uso da janela fechada e outra somente com uso do Filtro Sol-Ar-Luz, com velocidade de 15m/s. Esse valor total de velocidade do vento de 15m/s foi considerado apenas para fornecer a visualização do fluxo de ar, uma vez que o objetivo era apenas obter resultados para uma análise visual qualitativa (Fig. 5).

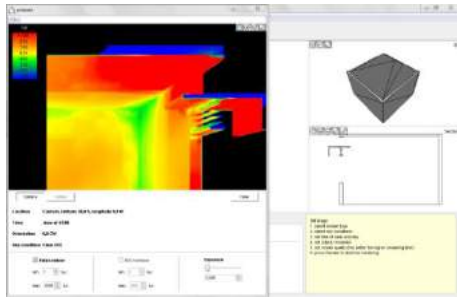


Figura 4. Tela principal do software Daylight Visualizer versão 2.8.4.

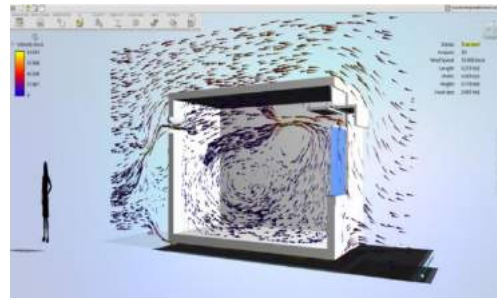


Figura 5. Autodesk Flow Design.

3. RESULTADOS

Serão apresentados a seguir, os resultados referentes ao detalhamento do dispositivo; a análise da radiação solar e sombreamento no verão e inverno; a análise das condições de iluminação natural; a análise das condições de ventilação natural e por fim, uma síntese das vantagens de aplicação do dispositivo proposto Filtro Sol-Ar-Luz.

3.1 Detalhamento do Dispositivo Filtro Sol-Ar-Luz

O elemento de controle solar proposto foi projetado para proteger a janela da chuva e, principalmente controlar a entrada da radiação solar direta na edificação, ao mesmo tempo em que permite a entrada da luz natural indireta. Para determinar o dimensionamento ideal que o dispositivo de controle de radiação solar necessita de acordo com a latitude, foi desenvolvida uma tabela que indica o comprimento “L” do dispositivo para latitudes brasileiras de 5 graus norte até 32,5 graus sul, variando de 2,5 graus a 2,5 graus, de acordo com a altura solar de cada período do ano (verão, equinócios e inverno). Assim, na Figura 6 é relacionado o comprimento “L” adequado para a proteção da radiação solar direta do verão, equinócios e também para proteção da radiação solar durante todo o ano. A Figura 7 apresenta o corte esquemático do dispositivo proposto e a Figura 8 o detalhamento.

Latitude (degrees)	Latitude: States of Brazil	Solar altitude (degrees) 12:00hs			Size “L” (cm)			
		summer	equinox	winter	Protection equinox and summer*		Protection Summer and winter**	
					Southern facade	Northern facade	Southern facade	Northern facade
5		61,5	84,5	71,6	50,1	0,0	50,1	24,9
2,5		64,0	86,7	68,6	43,5	0,0	43,5	32,0
0		66,6	88,3	66,6	37,2	0,0	37,2	36,9
2,5		69,0	87,1	64,1	31,1	0,0	31,1	43,3
-5		71,5	85,0	61,6	25,1	0,0	25,1	49,9
-7,5		75,0	82,5	59,1	17,1	0,0	17,1	56,8
-10		76,5	80,1	56,6	13,8	5,9	13,8	64,1
-12,5		79,0	77,6	54,1	8,3	11,4	8,3	71,9
-15		81,5	75,2	51,6	0,0	16,7	2,9	80,1
-17,5		84,0	72,7	49,1	0,0	22,4	0,0	88,9
-20		86,5	70,2	46,6	0,0	28,2	0,0	98,4
-22,5		88,9	67,7	44,1	0,0	34,2	0,0	108,8
-25		86,5	65,2	41,6	0,0	40,4	0,0	120,1
-27,5		85,9	62,7	39,1	0,0	46,9	0,0	132,7
-30		83,5	60,2	36,6	0,0	53,7	0,0	146,6
-32,5		81,5	58,2	34,6	0,0	59,4	0,0	158,9

* corresponds to the period from December 21 to March 21 and September 21 to December 21.
 **equivalent to year.

Legend:

- solar altitude: Southern sun (blue), Northern sun (purple)
- size “L” (cm): not required (grey), 1 to 50cm (green), 51 to 100cm (yellow), 101 to 150cm (orange), > 150cm (red)

Figura 6. Dimensionamento para diferentes latitudes brasileiras.

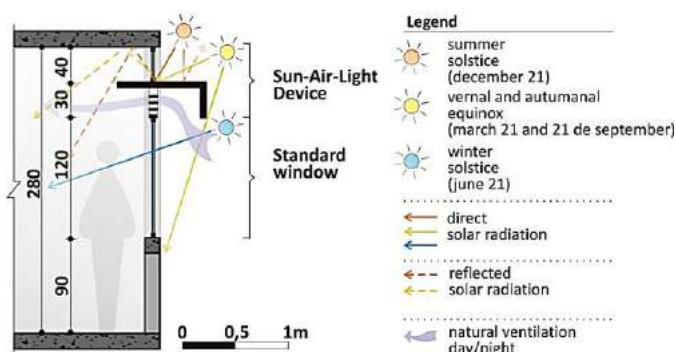


Figura 7. Corte esquemático do Filtro Sol-Ar-Luz.

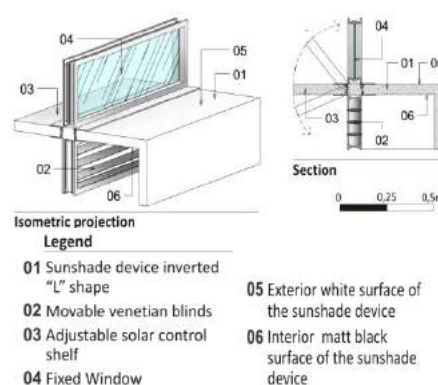


Figura 8. Detalhamento do Filtro Sol-Ar-Luz.

3.2 Análise da radiação solar e sombreamento no verão e inverno

Os estudos realizados para a janela convencional (Fig. 9a) e para o Filtro Sol-Ar-Luz (Fig. 9b) permitiram uma análise comparativa da quantidade de radiação solar que incide no interior do ambiente no solstício de verão para a latitude de 30 graus ao meio dia na fachada de orientação solar norte. No período de verão é desejável proteger a janela da radiação solar para minimizar os ganhos térmicos e o consumo de energia elétrica para resfriamento.

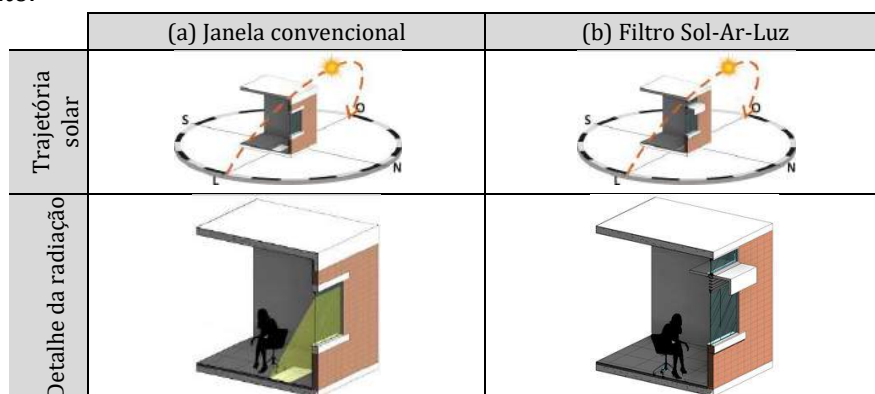


Figura 9a-b. Comparativo da radiação solar no interior da edificação no solstício de verão.

De acordo com a Figura 10a-b, a ausência de um elemento de controle solar faz com que a radiação solar direta entre na totalidade através de uma janela convencional, aumentando assim a temperatura interna. Já com o uso do elemento de controle solar do Filtro Sol-Ar-Luz, a radiação solar direta no interior do ambiente é nula nesse horário, diminuindo a temperatura interna e o ofuscamento. A radiação solar indireta (luz do céu e da reflexão do sol no entorno) continua iluminando normalmente o ambiente.

No período de inverno, para a latitude sul analisada de 30 graus sul, com orientação da fachada ao norte é desejável que a radiação solar direta entre na edificação para aquecer os ambientes desde que o ofuscamento não interfira nas atividades desempenhadas. A Figura 10a-b demonstra que, mesmo com o elemento de controle solar Filtro Sol-Ar-Luz, a radiação solar entra em abundância, aumentando a temperatura interna do ambiente e diminuindo o uso de sistemas artificiais de aquecimento.

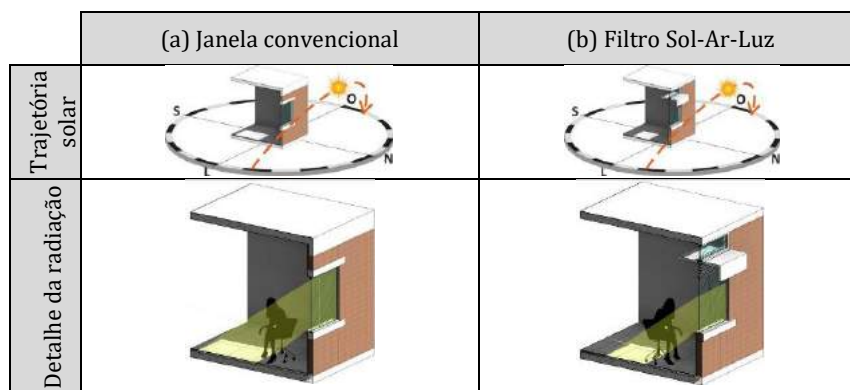


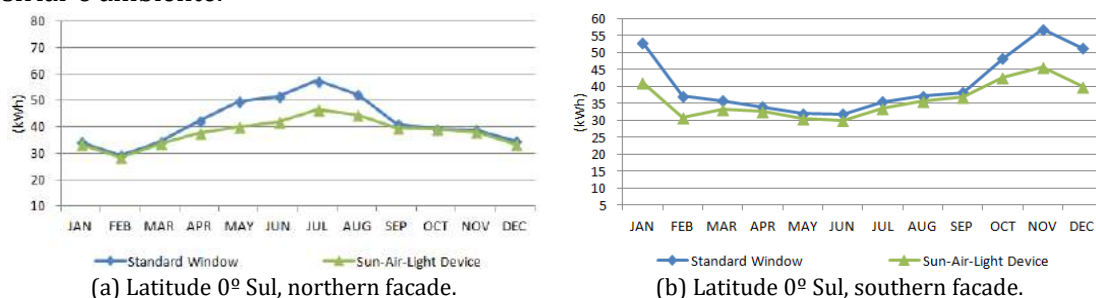
Figura 10a-b. Comparativo da radiação solar no interior da edificação no solstício de inverno.

Ao contrário da janela convencional, que permite a entrada da radiação solar no solstício de verão (Fig. 9a) e inverno (Fig. 10a), o Filtro Sol-Ar-Luz pode ser dimensionado para permitir a entrada da radiação solar selecionada somente para os períodos de temperatura mais baixa. Caso a edificação esteja em um local onde as altas temperaturas predominem o ano todo, é possível dimensionar o Filtro Sol-Ar-Luz de forma a sombrear a janela durante todo o ano (de acordo com o dimensionamento apresentado na Fig. 6).

Os ganhos solares das janelas com orientação de fachadas voltadas a norte e a sul também foram obtidos, com e sem o uso do dispositivo. Esse valor consiste na radiação transmitida que passa através do vidro, somada à radiação difusa refletida. Analisando os gráficos das Figuras 11a e 11b, é possível verificar que na latitude de 0 grau sul, a redução dos ganhos solares é maior na fachada norte entre março e agosto e na fachada sul entre janeiro e março e outubro e dezembro em função das características da trajetória solar.

Na latitude 15 graus sul (Fig. 11c e 11d), na fachada norte, há uma grande redução dos ganhos solares entre março e setembro, enquanto na fachada sul a redução dos ganhos é inferior e praticamente homogênea em todos os meses. Já na latitude 30 graus sul (Fig. 11e e 11f), na fachada norte, a redução dos ganhos solares é maior entre os períodos de fevereiro a maio e de agosto a novembro, e na fachada sul é praticamente homogênea em todos os meses, com maior redução no início e final do ano.

Foi possível observar para as latitudes analisadas, que o ganho solar com o uso do Filtro Sol-Ar-Luz, conforme apresenta a Figura 11(a-f), é significativamente menor, apresentando uma diminuição média de 30,46 kWh (redução média de 36,06%) e, conseqüentemente, impactando diretamente na diminuição da necessidade de uso de energia elétrica para resfriar o ambiente.



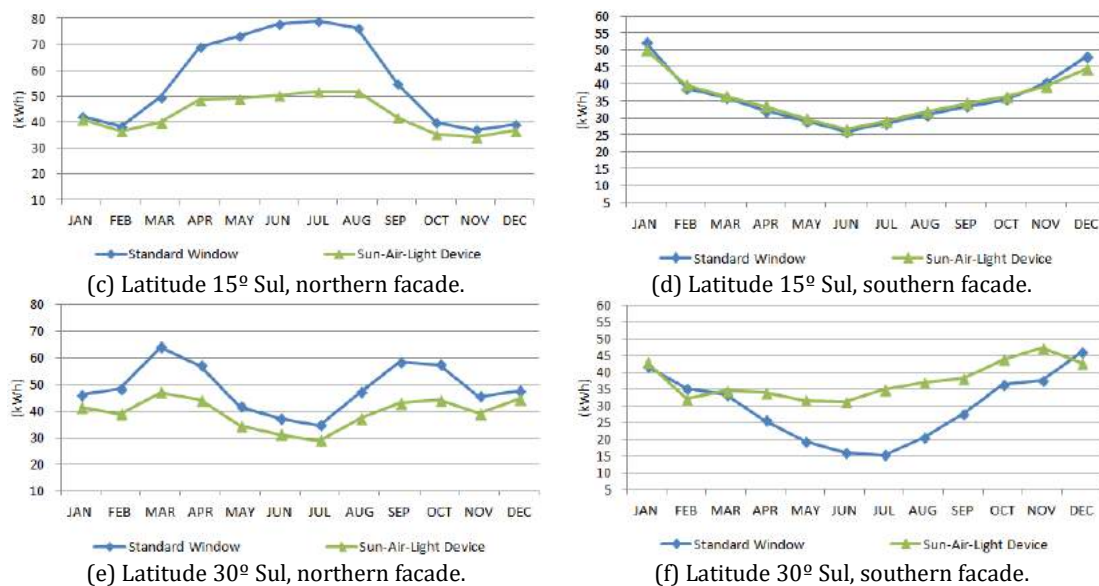


Figura 11a-f. Comparativo dos ganhos solares das janelas para fachadas norte e sul, com e sem o uso do dispositivo Sol-Ar-Luz.

3.3 Análise das Condições de Iluminação Natural

No solstício de inverno, na latitude de 30 graus sul, na orientação norte, o ideal é tentar bloquear a iluminação natural excessiva. A análise comparativa da iluminação natural de uma janela convencional (Fig. 12a) e uma janela com o Filtro Sol-Ar-Luz (Fig. 12b) demonstra que a amplitude de luz natural diminui consideravelmente com o uso do Filtro Sol-Ar-Luz, minimizando as possibilidades de ofuscamento ao usuário.

No solstício de verão, na latitude de 30 graus sul, devido à altura solar, não há incidência elevada de iluminação natural no interior da edificação. A análise comparativa da iluminação natural de uma janela convencional (Fig. 13a) com o uso do Filtro Sol-Ar-Luz (Fig. 13b), demonstra que há pouca luz natural em uma janela convencional e que, com o uso do elemento de controle solar ocorre uma melhora, mesmo que em pequena escala, inclusive da distribuição da luz natural no ambiente interno.

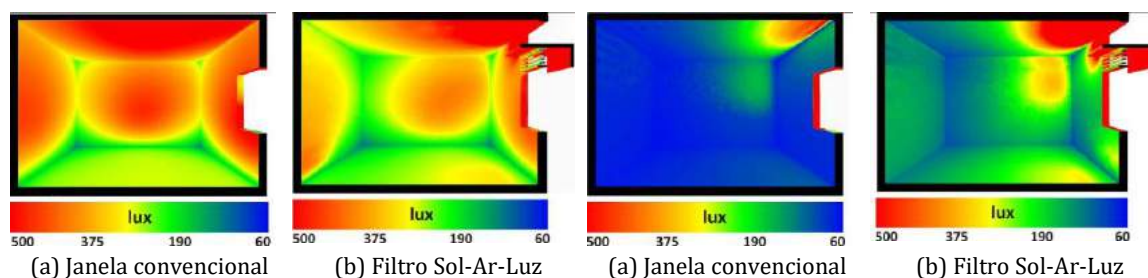
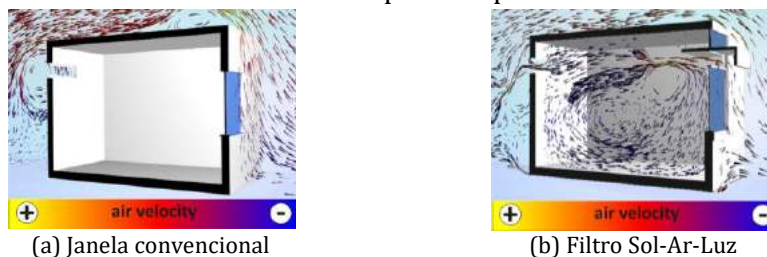


Figura 12a-b. Resultado de iluminação natural no período do inverno.

Figura 13a-b. Ensaio de iluminação natural no período do verão.

Analisando comparativamente a ventilação natural proporcionada com a janela convencional fechada (Fig. 14a), em um dia chuvoso ou à noite, por exemplo, com uma janela convencional utilizando o Filtro Sol-Ar-Luz (Fig. 14b), verifica-se que na janela convencional não há ventilação alguma (mesmo quando a janela possui venezianas, a ventilação é quase nula). Já no caso do uso do Filtro Sol-Ar-Luz há um aumento da ventilação no interior da edificação. Caso seja necessário diminuir a ventilação natural

desses elementos é possível simplesmente fechá-lo. Para permitir a ventilação natural no ambiente foi preciso utilizar uma abertura na parede oposta.



(a) Janela convencional
 (b) Filtro Sol-Ar-Luz
 Figura 14a-b - Ensaio de ventilação natural em um dia de chuva ou à noite

3.4 Síntese das Vantagens de Aplicação do Filtro Sol-Ar-Luz

A Quadro 1 apresenta uma comparação qualitativa entre as características de uma janela convencional e elementos existentes com o dispositivo proposto. É possível perceber que o uso do Filtro Sol-Ar-Luz possui inúmeros benefícios.

Quadro 1. Comparativo entre janela convencional e Filtro Sol-Ar-Luz.

Benefícios	Janela convencional	Filtro Sol-Ar-Luz
Não interfere no layout interno (mobiliário baixo)	✓	✓
Auxilia na ventilação natural	✓	✓
Auxilia na ventilação higiênica	-	✓
Ventilação noturna sem comprometer a luminosidade interna	-	✓
Controle da radiação solar direta	-	✓
Ventila, ao mesmo tempo em que protege da chuva	-	✓
Auxilia na iluminação natural	✓	✓
Ventilação natural com segurança	-	✓

As Figuras 15 e 16 demonstram de forma ilustrativa, a comparação qualitativa dos benefícios que uma janela com o elemento proposto Filtro Sol-Ar-Luz possui em relação a uma janela convencional. É possível analisar, esquematicamente, que uma edificação com janela convencional (Fig. 15) está exposta a radiação solar direta durante o verão e o inverno, além de apresentar iluminação excessiva. Para amenizar as altas temperaturas, a única opção é manter as janelas fechadas para utilização do ar condicionado. Ao comparar as Figuras 15 e 16, percebe-se que o elemento proposto (Filtro Sol-Ar-Luz), possui como maior benefício a ventilação natural diurna e noturna melhorada pelo uso de venezianas junto ao elemento de controle solar. Proporciona também, o controle da radiação solar direta nos períodos de maior temperatura (verão até os equinócios) e a possibilidade da entrada da radiação solar direta para aquecer os ambientes nos períodos mais frios (inverno) (Fig. 16).

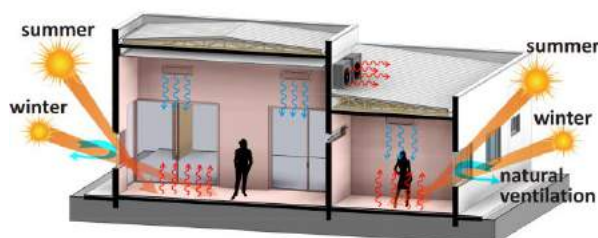


Figura 15. Edificação residencial com janela convencional.

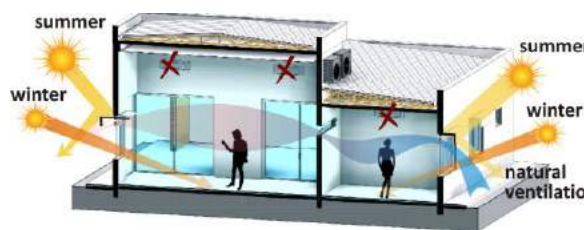


Figura 16. Edificação residencial com Filtro Sol-Ar-Luz.

4. CONCLUSÕES

O estudo apresenta o Filtro Sol-Ar-Luz um elemento arquitetônico, desenvolvido pelos autores, que possui uma tecnologia simples, funcionando de forma complementar as janelas e fachadas e comprova que sua aplicação contribui para a melhoria do desempenho lumínico e térmico da janela, ao mesmo tempo em que permite a redução do consumo energético com uso de ar condicionado e de iluminação artificial. Além disso, o elemento proposto proporciona ventilação natural mesmo com a janela fechada, tornando possível seu uso em dias de chuva e/ou à noite.

O Filtro Sol-Ar-Luz pode ser utilizado tanto em edificações novas quanto em existentes de quaisquer tipologias, desde habitações de interesse social até edificações comerciais ou industriais. O seu desenvolvimento poderá ter viabilidade social e econômica pela possibilidade de reduzir significativamente o consumo de energia elétrica, ao mesmo tempo em que não agrega custos mensais de manutenção por se tratar de um elemento com dispositivos simplificados.

Devido ao seu amplo território, o Brasil apresenta latitudes extremas e climas diferenciados em cada região geográfica, portanto, para cada latitude e clima, faz-se necessário utilizar um elemento Filtro Sol-Ar-Luz com dimensões diferentes, projetados de forma a proteger da radiação solar excessiva. O estudo demonstra que o dispositivo desenvolvido se mostra útil, versátil e eficiente, com grande potencial de utilização na prática para diferentes climas.

Portanto, o Filtro Sol-Ar-Luz barra a radiação solar de verão (indesejada), ao mesmo tempo em que permite a entrada da radiação solar de inverno, controla a iluminação natural e ainda auxilia na ventilação natural. É necessário dar continuidade aos estudos do dispositivo para verificar o quanto sua utilização torna, de fato, as edificações mais eficientes energeticamente, com menor consumo de energia e melhores condições de conforto ambiental. Porém, é necessário realizar novos estudos para verificar possibilidade de variação do tamanho do elemento de controle horizontal, de forma que não se limite à largura da janela e assim possa proteger da radiação solar a abertura em um maior número de horas por dia.

REFERÊNCIAS

- Bellia, L.; Marino, C., Minichiello, F., Pedace, A. 2014. An overview on solar shading systems for buildings. *Energy Procedia*, 62, 309 – 317.
- Freewan, A. A.Y. 2014. Impact of external shading devices on thermal and daylighting performance of offices in hot climate regions. *Solar Energy*, 102. 14–30.
- Frota, A. 2004. *Geometria da insolação*. Studio Geros, São Paulo.
- Mascaró, J. L. & Mascaró, L. E. R. 1992. *Incidência das variáveis projetivas e de construção no consumo energético dos edifícios*. Porto Alegre: Luzzatto.
- Ming Qu, L. L & Peng, L. S. 2016. Performance evaluation of building integrated solar thermal shading system: Building energy consumption and daylight provision. *Energy and Buildings*, 113, 189–201.
- Santos, J. C. P. D. 2002. *Desempenho térmico e visual de elementos transparentes frente à radiação solar*. São Carlos: [s.n.].



Wood Frame Housing System: Case Study and Application Potential for Low-Cost Housing in Foz do Iguaçu

Bárbara Brauhardt

*Federal University of Latin American Integration, Department of Civil Engineering of Infrastructure,
Foz do Iguaçu (PR), Brazil*

barbara.brauhardt@aluno.unila.edu.br

Helenice Maria Sacht

*Federal University of Latin American Integration, Department of Civil Engineering of Infrastructure,
Foz do Iguaçu (PR), Brazil*

helenice.sacht@unila.edu.br

Luís Bragança

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal

braganca@civil.uminho.pt

Cesar Rodrigo Faraone Wing Chong

*Federal University of Latin American Integration, Department of Civil Engineering of Infrastructure,
Foz do Iguaçu (PR), Brazil*

cesar.chong@aluno.unila.edu.br

ABSTRACT: The lack of housing in Brazil is around 5,430 million. Nowadays, this problem is one of the biggest challenges of the country. This situation must encourage the research of technological solutions for the production of satisfactory performance houses. Wood Frame housing system could be an option. It is used in North America, Asia and Europe and now is opening space in Latin America, countries like Chile and recently in Brazil. The system presents quick execution and less waste, and also high quality control. A case study was realized for wood frame low-cost houses, mainly about the thermal performance of the walls and to verify the application potentiality of Wood Frame low-cost houses in the city of Foz do Iguaçu-PR. This study was conducted through the execution on-site case study, evaluation of housing execution parameters in residential buildings in which the system was used. Thermal properties were determined for walls and the results analyzed based on parameters of the climate of Foz do Iguaçu-PR and NBR15220 standards and NBR15575. Furthermore, were scored general aspects, such as implantation, type of structure, roof system, electrical and plumbing installations. The technical feasibility of the Wood Frame system for low-cost housing is expected to be affirmed for Foz do Iguaçu-PR, aiming to decrease execution time and confirming sustainability conditions that can be achieved with the system use.

Keywords *Construction systems; Thermal performance; Low-cost housing; Wood Frame.*

1. INTRODUÇÃO

A carência habitacional é um dos maiores desafios enfrentados pelo Brasil e deve impulsionar o estudo de soluções tecnológicas para a produção e/ou reabilitação de habitações que atendam a demanda de moradias e que ao mesmo tempo tenham um desempenho satisfatório, seja por meio de melhorias em sistemas construtivos aplicados no Brasil, ou pela inserção de novas tecnologias (Sacht, 2008).

Neste contexto, se insere o sistema construtivo em *wood frame*. Nos Estados Unidos, esse sistema é responsável por 95% das casas construídas. Países como Chile e Venezuela têm investido na utilização do *wood frame* para construção de casas populares de 40 a 60 m², devido à otimização da gestão da produção das edificações com um alto controle de qualidade e a redução nos prazos de entrega e custos das habitações. No Brasil, essa tecnologia chegou há cerca de 20 anos como uma alternativa em sistemas construtivos industrializados para produção de habitação de baixo custo em larga escala e de interesse social, em regiões produtoras de madeira (Lacerda, 2014).

O sistema construtivo em *wood frame* é industrializado, estruturado em perfis de madeira plantada tratada, formando painéis de pisos, paredes e telhado que são combinados e/ou revestidos com outros materiais, com a finalidade de aumentar o conforto térmico e acústico, além de proteger a edificação das intempéries e fogo (Molina, Junior, 2010). Normalmente é composto por elementos estruturais de pinus, placas OSB (*oriented strand board*), membrana hidrófuga, placas cimentícias, gesso acartonado e revestimentos. Assim como nos demais métodos de construção à seco, no *wood frame* também é possível a utilização de fundações mais rasas como o radier e a sapata corrida, gerando economia de material (diminuição de armadura e volume de concreto), de tempo de execução e no custo da mão de obra.

Por se tratar de um sistema construtivo industrializado, a construção em *wood frame* reduz o desperdício, que por sua vez é altamente impactante nos sistemas tradicionais. Há o ganho de produtividade vinculado a obras limpas e secas, além da facilidade de manuseio dos elementos estruturais e de fechamento, demandando menos esforços dos operários. Além disso, o sistema em *wood frame* permite a execução de qualquer tipo de projeto, desde casas populares à construções com alto padrão de acabamento (Molina, Junior, 2010).

De acordo com a *Canada Mortgage and Housing Corporation* (CMHC, 2014), quando bem projetado e construído, o sistema apresenta durabilidade, facilidade e rapidez de construção e reforma; e por ser construído em madeira e a mesma ser um isolante, oferece redução de custos com aquecimento e arrefecimento, além de ser adaptável a diferentes tipos de clima, que podem variar entre quente e úmido, a climas extremamente frios, dentre outras características. Quanto ao desempenho, como qualquer outro sistema de construção, o sistema em *wood frame* requer cuidados razoáveis em sua concepção e construção, para que possa proporcionar abrigo por um longo tempo, conforto e segurança.

Na Figura 1a, apresenta-se três habitações hipotéticas utilizando sistemas construtivos em madeira, aço e concreto, na qual foram comparados projeto e áreas equivalentes. Os resultados da avaliação apresentam a poluição do ar, resíduos sólidos, uso de recursos,

energia e os potenciais de aquecimento global e poluição da água durante os primeiros 20 anos de funcionamento das habitações. Os resultados mostram que os valores são menores para a construção em madeira em relação aos demais sistemas avaliados. A Figura 1b apresenta uma comparação entre uma parede exterior típica e cinco alternativas de sistemas construtivos em relação ao desempenho ambiental, especificamente consumo energético, mudanças climáticas e poluição do ar (Green, 2014).

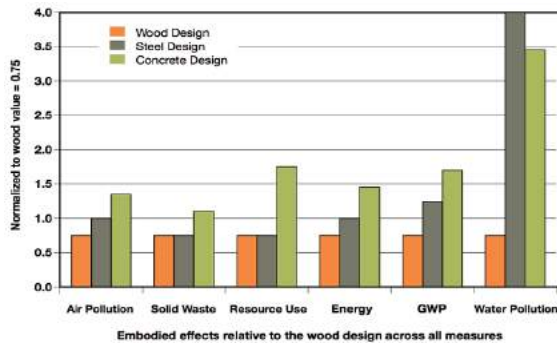


Figura 1a. Dados compilados pela FPInnovations, Forintek Division usando o programa ATHENA EcoCalculator para Vancouver, British Columbia. Green, 2014.

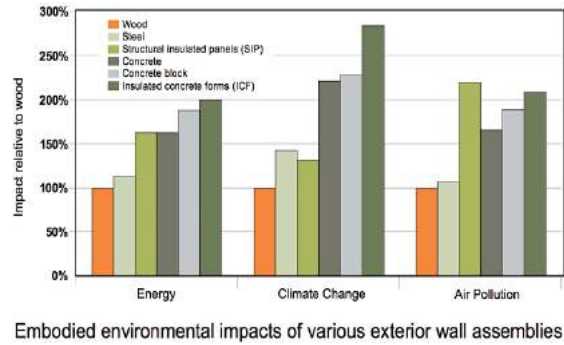


Figura 1b. Dados compilados pelo Canadian Wood Council usando o programa ATHENA EcoCalculator para Toronto, Ontario. Green, 2014.

Para o emprego de vedações verticais adequadas é fundamental verificar as características climáticas de cada região. É importante obter as características das mesmas em relação à transmissão de calor, que ocorre, por convenção, quando há uma diferença de temperatura entre suas superfícies, ou seja, entre interior e exterior da edificação. Portanto, o sentido do fluxo de calor numa parede será sempre da superfície mais quente para a superfície mais fria. Diante desse aspecto, ao ser utilizado um tipo de vedação vertical, cabe ao profissional especificá-lo de forma a evitar ganhos excessivos no verão e perdas durante o inverno.

Numa pesquisa realizada por Alvarez e Vittorino (1993) foram monitorados módulos de madeira implantados na Antártida, no qual foi constatado que a temperatura do ar interior eleva-se rapidamente ao iniciar-se a ação de fontes internas de calor e reduz-se da mesma forma quando desativadas. A este fato atribuiu-se a característica de baixa inércia térmica dos fechamentos, sendo que tal característica é determinada pela presença de componentes de alta resistência térmica e inexistência de elementos que apresentam elevada capacidade térmica.

Segundo Giglio (2005), um dos fatores que contribui para a alta resistência térmica dos painéis é o fato da madeira de ser má condutora de calor. Materiais de baixa condutividade térmica apresentam alta resistência térmica. Complementa-se ainda que a possibilidade de preenchimento do painel por isolante térmico como a lã de vidro favoreça ainda mais o aumento da resistência térmica.

Diante de suas características, o sistema *wood frame* é promissor quanto à redução de prazos de entrega, redução de desperdícios e elevado controle de qualidade, além de utilizar madeira de reflorestamento como matéria-prima de produção, característica que o torna um sistema construtivo extremamente competitivo em relação à rapidez e

sustentabilidade das construções, quando comparado com demais sistemas aplicados atualmente na construção civil brasileira.

Com base nisso, foi realizado um estudo de caso sobre um sistema construtivo em *wood frame*, e a determinação das propriedades térmicas principais das vedações verticais do sistema, que é destinado à habitação de interesse social, de forma a verificar a potencialidade de aplicação de tal sistema na cidade de Foz do Iguaçu-PR, considerando as recomendações das normas NBR 15220 (ABNT, 2005), NBR15575-1 (ABNT, 2013a) e NBR15575-4 (ABNT, 2013b).

2. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste estudo, foi realizado um estudo de caso *in loco*, avaliando parâmetros de execução de tipologias residenciais nas quais o sistema foi utilizado, numa empresa na cidade de Curitiba. Por questões de privacidade, o nome da empresa cujo sistema foi estudado não será mencionado no presente artigo e a mesma será identificada apenas como “Empresa A”.

A metodologia utilizada nesse estudo incluiu: i. Estudo de normas norteadoras; ii. Elaboração de um roteiro para servir de parâmetro ao estudo de caso; iii. Realização de estudo de caso, na Empresa A; e iv. Cálculo das propriedades térmicas das paredes de vedação, baseado nas Normas Técnicas Brasileiras NBR 15220 (ABNT, 2005), NBR15575-1 (ABNT, 2013a) e NBR15575-4 (ABNT, 2013b) e no ITE-50 (SANTOS, MATIAS, 2006).

2.1 Estudo de Normas Norteadoras

Para a realização do presente trabalho foi necessário o estudo das seguintes Normas Brasileiras Regulamentadoras (NBRs): NBR 15220: Desempenho térmico de edificações - Parte 2, que estabelece procedimentos para o cálculo das propriedades térmicas (resistência, transmitância, e capacidade térmica, atraso térmico e fator de calor solar) de elementos e componentes de edificações (ABNT, 2005), onde foi observado o item 4.1 referente à determinação da resistência térmica; o item 4.2 referente à determinação da transmitância térmica das paredes e o item 8, referente ao fator de ganho solar de elementos opacos. Esses itens apresentam os métodos para o cálculo de tais propriedades.

Na norma NBR 15575: Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais (ABNT, 2013a), foi observado o item 11, referente ao desempenho térmico e por fim na NBR 15575 Parte 4 (ABNT, 2013b), que trata sobre os requisitos de sistemas de vedações internas e externas das edificações foi observado o item 11, referente ao desempenho térmico das vedações verticais externas, principalmente o subitem 11.2.1 Critério – Transmitância térmica de paredes externas, no qual são apresentados valores máximos admissíveis para a transmitância térmica das paredes, de acordo com a absorvância à radiação solar da superfície externa da mesma e zona bioclimática na qual a habitação se insere.

O ITE 50: Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios é uma publicação produzida pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) de Lisboa-Portugal, destinada a apoiar a realização de estudos no âmbito do desempenho

térmico dos edifícios e a aplicação do Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) de Portugal (SANTOS, MATIAS, 2006), mas apesar de ser de outro país, apresenta informações importantes para a presente pesquisa.

2.2 Elaboração do Roteiro para o Estudo de Caso

A ideia inicial do presente trabalho foi realizar um estudo de caso em habitações construídas em *wood frame*, de forma a visualizar a aplicação do sistema na prática. Porém, a ênfase maior do estudo foi visitar a fábrica da “Empresa A”, onde foi possível acompanhar parte do processo de montagem/fabricação de um painel de parede.

Para a realização do estudo de caso, foi elaborado um roteiro em busca de obter os principais aspectos construtivos do sistema analisado, para aprimorar o conhecimento sobre o sistema, bem como, especificamente para obter características da composição do painel das vedações verticais, necessárias para o cálculo das propriedades térmicas (Fig. 1). Foram observados aspectos gerais, tais como: tipologia construída, tipo de fundação empregada, revestimentos, composição de paredes externas e internas, esquadrias, instalações elétricas e hidráulicas, tipo de forro e cobertura. Também foram obtidos documentos complementares para aprofundamento do estudo de caso, principalmente o documento de avaliação técnica “*Sistema de vedação vertical leve em madeira*” (PBQP, 2015).

ASPECTOS CONSTRUTIVOS				
Tipologia	<input type="checkbox"/> Térrea <input type="checkbox"/> 2 pavimentos Outro: _____			
Fundação	<input type="checkbox"/> Radier <input type="checkbox"/> Sapata Corrida <input type="checkbox"/> Outro: _____			
Estrutura	Aspectos relevantes da estrutura em madeira: _____			
Revestimento do Piso	<input type="checkbox"/> Cerâmico <input type="checkbox"/> Cimento Liso <input type="checkbox"/> Madeira <input type="checkbox"/> Outro: _____			
Paredes Externas	Camada	Ordem	Material	Espessura (mm)
	Painel estruturado			
	Isolamento térmico- acústico			
	Chapa de OSB			
	Membrana hidrófuga			
	Placa Cementícia			
	Acabamento			
Paredes Internas	Camada	Ordem	Material	Espessura (mm)
	Painel estruturado			
	Isolamento térmico- acústico			
	Chapa de OSB			
	Placa de gesso acartonado			
	Acabamento			
	Parede completa			
Esquadrias	Tipo	Material	Dimensões (mm)	
	Janelas			
	Portas			
Instalações Elétricas e Hidráulicas	<input type="checkbox"/> Tubulação embutida <input type="checkbox"/> Tubulação aparente			
Forro	<input type="checkbox"/> Madeira, tipo _____ <input type="checkbox"/> PVC <input type="checkbox"/> Gesso <input type="checkbox"/> Outro: _____			
Cobertura	<input type="checkbox"/> Estrutura metálica <input type="checkbox"/> Estrutura em madeira			
	Tipo de telha: <input type="checkbox"/> Cerâmica <input type="checkbox"/> Metálica <input type="checkbox"/> Fibrocimento <input type="checkbox"/> Outro: _____			
	Espessura da telha: _____			

Figura 2. Roteiro de estudo de caso.

O sistema em *wood frame* executado pela “Empresa A” é de tipologia térrea, podendo ser isoladas ou geminadas. Por se tratar de um sistema leve, possui fundação do tipo radier e o revestimento utilizado no piso é do tipo cerâmico.

A composição das paredes desse sistema se dá da seguinte forma: as paredes estruturais do sistema são formadas por quadros estruturais em madeira serradas autoclavadas do

tipo pinus de seções 38x89mm para paredes externas, 38x89mm ou 38x70mm para paredes internas e 38x140mm para paredes de geminação, onde a base dos quadros é envolvida por manta asfáltica impermeabilizante até uma altura de 200mm.

A parede externa com espessura nominal de 135mm é composta por chapas de OSB (*oriented strand board*) estrutural de classe 2 de 9,5mm de espessura, membrana hidrófuga (barreira impermeável à água e permeável ao vapor) de 0,9mm de espessura, placas cimentícias de no mínimo classe A3 de 8mm de espessura com uma demão de selador acrílico e por fim o acabamento, em textura acrílica.

A parede interna com espessura nominal de 135 ou 105mm é composta por chapas de OSB de 9,5 mm de espessura, placas de gesso acartonado para drywall de 12,5 mm de espessura em ambos os lados da parede, onde em áreas secas é utilizada a placa de gesso acartonado do tipo Standard (ST) com acabamento em acrílica e em áreas molhadas/molháveis é utilizada a placa de gesso acartonado do tipo resistente à umidade (RU) com acabamento e revestimento cerâmico até uma altura de 1500mm, seguido de pintura acrílica. As esquadrias são compostas por janelas de alumínio, com dimensões de 1200x1200mm para dormitórios e 1600x1200mm para salas; as portas e batentes são em alumínio ou madeira, com dimensões de 800x2100mm para dormitórios. As instalações elétricas e hidráulicas são embutidas nos painéis de parede.

Além disso, as paredes do sistema atendem aos requisitos de segurança ao fogo: “dificultar a ocorrência de princípio de incêndio e dificultar a inflamação generalizada”. As faces externas e internas das paredes são constituídas por placas cimentícias e chapas de gesso acartonado, respectivamente, consideradas incombustíveis e atendem aos requisitos de propagação superficial de chamas, permitindo condições adequadas para restringir o rápido crescimento do incêndio (PBQP-H, 2015).

Finalmente, a cobertura do sistema pode ser em estrutura metálica ou em madeira, com telhado em telha cerâmica de 20mm de espessura, com fechamento em forro de PVC com 8mm de espessura e sobre o forro é posicionada manta de lã de vidro com 89mm de espessura.

2.3 Cálculo das Propriedades Térmicas das Paredes de Vedação

Nessa etapa do trabalho foram determinadas as propriedades térmicas do painel utilizado no sistema *wood frame*, especificamente, transmitância térmica, resistência térmica e o fator de ganho de calor solar, com base na NBR 15220-2 (ABNT, 2005), que apresenta métodos de cálculo de tais propriedades, assim como valores mínimos recomendados a serem atendidos para cada zona bioclimática brasileira; de forma a verificar se o painel atende às recomendações para a zona bioclimática 3, na qual a cidade de Foz do Iguaçu está inserida.

De acordo com a NBR 15575: Parte 1, a edificação habitacional deve reunir características que atendam aos requisitos de desempenho térmico (ABNT, 2013a), de acordo com as indicações para as zonas bioclimáticas. A cidade de Foz do Iguaçu está inserida na zona bioclimática 3. Para esta zona, a NBR 15575-4 (ABNT, 2013b) recomenda que o valor máximo admissível da transmitância térmica das paredes externas deve ser:

- $U \leq 3.7$ para superfícies com absorvância à radiação solar da superfície externa da parede $\alpha \leq 0.6$;

- $U \leq 2.5$ para superfícies com $\alpha > 0.6$.

Nesse estudo de caso, foi admitida uma absorvância à radiação solar da superfície externa da parede clara, com $\alpha=0.3$, sendo aplicável a condição $U \leq 3.7$.

A resistência térmica é a propriedade do material de resistir à passagem de calor. É definida como o quociente da diferença de temperatura verificada entre as superfícies de um elemento ou componente construtivo pela densidade de fluxo de calor, em regime estacionário e foi determinada para cada camada das paredes. A resistência térmica total é o somatório do conjunto de resistências térmicas correspondentes às camadas das paredes, incluindo as resistências superficiais interna e externa. A resistência térmica superficial interior (R_{si}) para fluxo de calor horizontal considerada foi de $0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ e a resistência térmica superficial exterior (R_{se}) de $0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$, obtidas na NBR 15220, Parte 2 (ABNT, 2005). Na prática, a resistência térmica representa a capacidade do material em resistir ao fluxo de calor. Quanto maior o seu valor, melhor isolante é o material. Já a transmitância térmica, indica a capacidade do material em ser atravessado pelo calor.

O fator de ganho de calor solar ou fator solar do painel, que é o quociente da taxa de radiação solar transmitida através do painel pela taxa da radiação solar total incidente sobre a superfície externa do mesmo também foi determinado. Os resultados foram analisados tendo como base as indicações das normas norteadoras citadas na seção 2.1.

3. RESULTADOS

3.1 Estudo de Caso

As informações obtidas sobre o sistema construtivo em *wood frame* foram baseadas nas observações de visita *in loco*, juntamente com os dados obtidos no documento técnico sobre o sistema (PBQP-H, 2015). Para melhor visualização da composição das paredes estudadas, apresenta-se um corte, nos quais é possível identificar as camadas e respectivas espessuras, para paredes externas e internas (Fig. 3a-b).

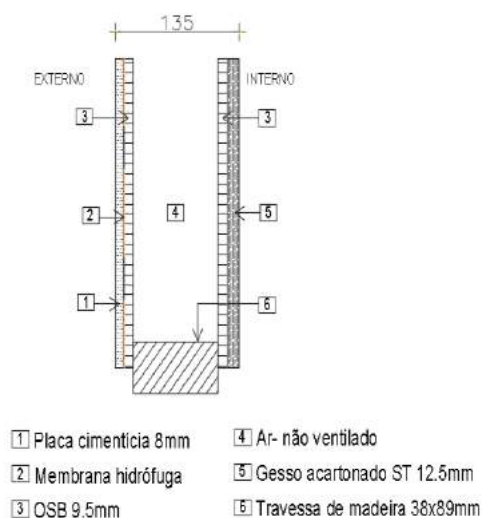


Figura 3a. Composição da parede externa de áreas secas.

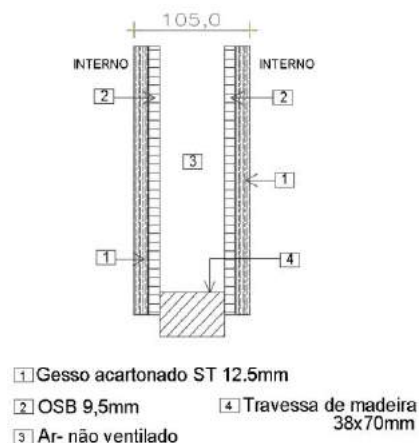


Figura 3b. Composição da parede interna.

3.2 Propriedades Térmicas

A Tabela 1 apresenta os dados calculados de todas as camadas das paredes externas e internas utilizadas no sistema construtivo analisado e os respectivos resultados dos valores de resistência térmica, transmitância térmica e fator de ganho de calor solar.

Tabela 1. Cálculo das Propriedades Térmicas.

Camadas		Espessura (mm)	Condutividade Térmica λ W/(m.K)	R_{Camadas} (m ² .K)/W	R_{Total}^* (m ² .K)/W	U W/(m ² .K)	U (W/m ² K) NBR 15575	FSo (%)
Parede Externa	Placa cimentícia	8.0	0.35	0.023	0.55	1.82	≤ 3.7 Atende à Norma	2.18
	Membrana							
	Hidrófuga (Polipropileno)	1.0	0.22	0.005				
	OSB	9.5	0.13	0.073				
	Camada Ar (não ventilada)	89	-	0.170				
	OSB	9.5	0.13	0.073				
	Gesso acartonado	12.5	0.35	0.036				
Camadas		Espessura (mm)	Condutividade Térmica λ W/(m.K)	R_{Camadas} (m ² .K)/W	R_{Total}^* (m ² .K)/W	U W/(m ² .K)	U (W/m ² K) NBR 15575	FSo (%)
Parede Interna	Gesso acartonado	12.5	0.35	0.036	0.56	1,79	≤ 3.7 Atende à Norma	2.15
	OSB	9.5	0.13	0.073				
	Ar (não ventilado)	61	-	0.170				
	OSB	9.5	0.13	0.073				
	Gesso acartonado	12.5	0.35	0.036				

* A resistência térmica superficial interior (Rsi) para fluxo de calor horizontal considerada foi de 0,13 (m².K)/W e a resistência térmica superficial exterior Rse de 0,04 [(m².K)/W, obtidas na NBR 15220, Parte 2 (ABNT, 2005).

A NBR 15220 (ABNT, 2005) considera um incremento mínimo de 0.14 (m².K)/W na resistência térmica de paredes com câmara de ar, e máximo de 0.37 (m².K)/W, quando a superfície apresenta baixa emissividade. Os valores variam conforme a espessura da câmara de ar. No caso do presente trabalho foi considerado um incremento de 0.17(m².K)/W, pois a camada de ar tem espessura maior que 5cm e trata-se de superfície de alta emissividade.

Para regiões quentes e úmidas como o caso de Foz do Iguaçu, Givoni (1976) indica que, a resistência térmica de paredes externas é vantajosa dentro de certos limites, que compreendem minimizar o fluxo de calor exterior. Sendo que, por meio de isolantes, é possível manter a temperatura da superfície interna das paredes externas, muito próximas da temperatura interna.

Ao comparar uma parede de tijolos com uma parede leve, como no caso da parede analisada, tem-se que uma parede de tijolos apresenta maior massa, fazendo com que ocorra um comportamento térmico de inércia, ou seja, no verão, o tijolo retém calor durante todo o dia e à noite continua liberando calor lentamente para o interior da edificação, mantendo o ambiente aquecido e conseqüentemente aumentando a necessidade de consumo de energia para resfriamento. Porém no inverno, auxiliará na manutenção do aquecimento do interior, uma vez que continuará liberando calor lentamente para o interior. Já nas paredes do sistema *wood frame*, a composição

multicamadas leve, faz com que a condutividade seja reduzida e ocorra a ausência de inércia térmica.

As camadas de materiais leves, com baixa densidade e porosos, apresentam a capacidade de reduzir a transferência de calor pelo fato do ar no interior desses poros ter baixa condutividade térmica (λ), esse aspecto ocorre da mesma forma quando se tem uma câmara de ar interna no interior de paredes.

Segundo dados do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) (IPT, 2007), uma parede composta por tijolos de compósito mineral e rejunte do mesmo material apresenta uma resistência térmica média de $0.16(\text{m}^2.\text{k})/\text{W}$. As paredes analisadas apresentam 0.55 e $0.56(\text{m}^2.\text{k})/\text{W}$, ou seja, cerca de 4 vezes superior à resistência de uma parede de tijolos, o que garante melhor isolamento térmico.

Além disso, a transmitância térmica (U) aceita para a região de Foz do Iguaçu (Zona Bioclimática 3), a qual faz parte da zona bioclimática 3 seria de até $U \leq 3.7 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$. O valor obtido para as paredes do sistema *wood frame* analisado é de 1.82 e $1.79 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$, valor inferior se comparado à de paredes de concreto maciça com 10cm de espessura, por exemplo, que chegam a $4.4 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ (NBR15220-3:2003). Sendo assim, as paredes avaliadas, resistem cerca de 2.5 vezes mais à transferência de calor. Para melhor desempenho térmico das paredes do sistema, poderiam ainda ter sido utilizados como preenchimento interno das mesmas rolos e/ou painéis de lã de vidro, lã de rocha ou lã de pet.

4. CONCLUSÕES

Os resultados do presente estudo contribuem para expandir o conhecimento sobre as características do sistema construtivo em *wood frame*, que apresenta muitas vantagens, quando comparado aos sistemas convencionais, também em relação ao desempenho térmico de suas paredes. A composição de paredes analisadas mostraram-se adequadas para aplicação no clima da cidade de Foz do Iguaçu, mesmo a parede destinada ao interior, quando verificadas as características térmicas.

Há ainda a necessidade de maiores estudos por meio de medições ou execução de simulações computacionais, que ainda estão em desenvolvimento, de forma a verificar de forma mais completa o desempenho térmico das paredes, porém, a tendência é que o sistema seja aprimorado cada vez mais no Brasil em um curto período de tempo, de forma a ser uma técnica difundida como a alvenaria convencional, sendo necessários novos estudos para se obter informações mais detalhadas sobre o sistema *wood frame*.

REFERÊNCIAS

- Alvarez, C. E. & Vittorino, F. 1993. Comportamento Térmico de Módulos em Madeira Implantados pelo Brasil na Antártica. In: *Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído*, 1993, Florianópolis. Anais do II ENCAC.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 2005. *NBR 15220: Desempenho térmico de edificações. Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e de componentes de edificações*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). 2013a. *NBR 15575: Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais*. Rio de Janeiro.

- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). 2013b. *NBR 15575: Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE*. Rio de Janeiro.
- Canada Mortgage and Housing Corporation (CMHC). 2014. *Canadian Wood-Frame House Construction*.
- Giglio, T. G. F. 2005. *Avaliação do desempenho térmico de painéis de vedação em madeira para o clima de Londrina*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento), Universidade Estadual de Londrina.
- Givoni, B. 1976. *Man, Climate and Architecture*. London: Applied Science, Chapter 17 – Principles of Design and Selection of Materials to Adapt Building to Climate.
- Green Wood Building. ARCH 5334-002: Advanced Studies in Construction Technology Texas Tech University College of Architecture. 2014. Disponível em: <http://www.arch.ttu.edu/courses/2014/spring/5334/Students/Huang/15/Default.htm> Acesso em: 20 Jun. 2016.
- Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). 2007. *Relatório Técnico Nº 96 167-205: Determinação de Resistência Térmica de Paredes*.
- Lacerda, J. F. S. B. 2014. *Avaliação da sustentabilidade na Construção Civil dos sistemas construtivos convencional e industrializado no Brasil*. Dissertação de Mestrado Profissional (Mestrado Profissional em Produção), Instituto Tecnológico de Aeronáutica, ITA. São José dos Campos.
- Molina, J. C.; Junior, C. C. Sistema construtivo em Wood Frame para casas de madeira. *Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas, Londrina, v.31, n.2, p. 143-156, jul./dez. 2010*. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semexatas/article/viewFile/4017/6906>>. Acesso em: 15 Jun. 2016.
- Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H). 2015. *DATEC N 020-A: Sistema de vedação vertical leve em madeira. Sistema Nacional de Avaliações Técnicas - SINAT*. Disponível em: <http://pbqp-h.cidades.gov.br/download.php?doc=19de4466-9c65-4800-9d13-0d26477fca94&ext=.pdf&cd=2906> Acesso em: 20 Jun. 2016
- Sacht, H. M. 2008. *Painéis de vedação de concreto moldados in loco: avaliação de desempenho térmico e desenvolvimento de concretos*. Dissertação (Mestrado em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia) – Universidade de São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18141/tde-17102008-114925/pt-br.php>>. Acesso em: 15 Jun. 2016.
- Santos, C. A. P. & Matias, L. *Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios*. Série ITE 50. LNEC. Lisboa, Portugal. 2006.



BALCÕES REFLETORES E A DISPONIBILIDADE DA ILUMINAÇÃO NATURAL EM SALAS DE AULA: O CASO DO INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO - CAMPUS COLATINA

Sirana Palassi Fassina

Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo - PPGAU, Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Vitória (ES), Brasil sirana.fassina@ifes.edu.br

Andréa Coelho Laranja

Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Vitória (ES), Brasil. andrea.laranja@ufes.br

RESUMO: O presente estudo trata da iluminação natural no ambiente interno, com foco específico nos ambientes escolares. O objetivo é demonstrar a influência de balcões refletores, associados a elementos bloqueadores da luz solar direta, na disponibilidade da iluminação natural em salas de aula. O objeto de estudo são as jardineiras existentes próximas às janelas da sala de aula do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) campus Colatina, as quais não são utilizadas para este fim, sendo aqui intituladas de balcões refletores. Avaliou-se, através de simulações no TropLux, a disponibilidade de iluminação natural nas salas, variando-se a geometria dos balcões, associados também às prateleiras de luz e brises, no Céu 7 (Parcialmente encoberto) e Céu 12 (Claro) e nas orientações Norte e Sul. A análise dos resultados foi feita em função do período letivo, abrangendo fevereiro à novembro para a análise das UDIs, e em função de dois dias do ano, 24/09 e 24/11 para a análise das curvas isolux. Concluiu-se que há uma maior potencialidade do modelo “balcão refletor com superfície inclinada para o exterior e associado ao brise” na iluminação natural do ambiente interno: melhor distribuição da iluminância nas horas do dia, além de menor contraste da iluminação entre os pontos mais profundos do ambiente e os pontos mais próximos da abertura.

Keywords *balcões refletores, iluminação natural, simulação*

1. INTRODUÇÃO

A luz natural, além de ser proveniente de uma fonte inesgotável, é um elemento de fundamental importância para o desenvolvimento humano e o bom desempenho das suas atividades, influenciando diretamente na saúde e no bem-estar do homem. Amorim (2007) cita que a iluminação natural nas edificações tem fundamental importância nas exigências funcionais e ambientais. Yu e Su (2015) completam que a luz natural proporciona ambientes mais agradáveis e atrativos em função, por exemplo, da melhor reprodução de cor. No caso das edificações escolares, a iluminação natural desempenha um papel importante pois afeta a legibilidade durante a aprendizagem (Graça et al., 2007). Segundo Pellegrino, Cammarano e Savio (2015) há uma relação direta entre a capacidade de aprendizagem dos alunos e a presença da luz natural nos ambientes internos.

Entretanto, o uso da iluminação natural em ambiente escolar requer alguns cuidados para que sua presença não se torne um incômodo para os usuários, com efeitos indesejáveis como ofuscamento, radiação solar direta na superfície ou má distribuição da luz natural no ambiente. Araújo, Gonçalves e Cabús (2007) afirmam que a luz natural pode ser insuficiente em algumas horas do dia em decorrência da trajetória solar. Em função disso, os autores destacam que proteções solares externas e dispositivos arquitetônicos que controlam a entrada da luz solar podem contribuir para o equilíbrio da luz natural dentro do ambiente, já que esses elementos têm como finalidade proteger a edificação da incidência solar direta, redirecionando-os e redistribuindo-os no ambiente.

2. OBJETIVO

O objetivo geral é demonstrar a influência de balcões refletores, associados à elementos bloqueadores da luz solar direta, na disponibilidade da iluminação natural em salas de aula. Os balcões refletores localizam-se na fachada, externamente ao ambiente, das salas de aula padrão do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), campus Colatina.

3. MÉTODO DE TRABALHO

A metodologia deste trabalho consiste na análise comparativa entre tipologias de balcões refletores, os quais estarão associados à elementos bloqueadores da luz solar direta – brises e prateleiras de luz –, de forma a verificar a disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno. Para isso, foram realizadas simulações através do programa Troplux 7 (Cabús, 2005). O programa baseia-se no método de Monte Carlo e no método do raio traçado, que permite simular geometrias complexas, distribuição de iluminâncias de céus configuráveis pelo usuário, subdivisões do solo, cálculo de iluminância separado em até 12 componentes (Cabús, 2004).

A sala de aula escolhida para esta pesquisa se localiza no IFES – campus Colatina, no 2º pavimento, sendo suas dimensões: 10,65m de largura, 5,60m de profundidade e pé direito de 2,98m. Possui três aberturas de 6,27m² cada, com dimensões de 3,30 m de largura, 1,90 m de altura e peitoril com 97cm. Na face externa do bloco de salas de aula, existem jardineiras contínuas de 3,30 m de largura e 0,90 m de profundidade (medidas internas), e 0,52 m de altura (Figura 1).

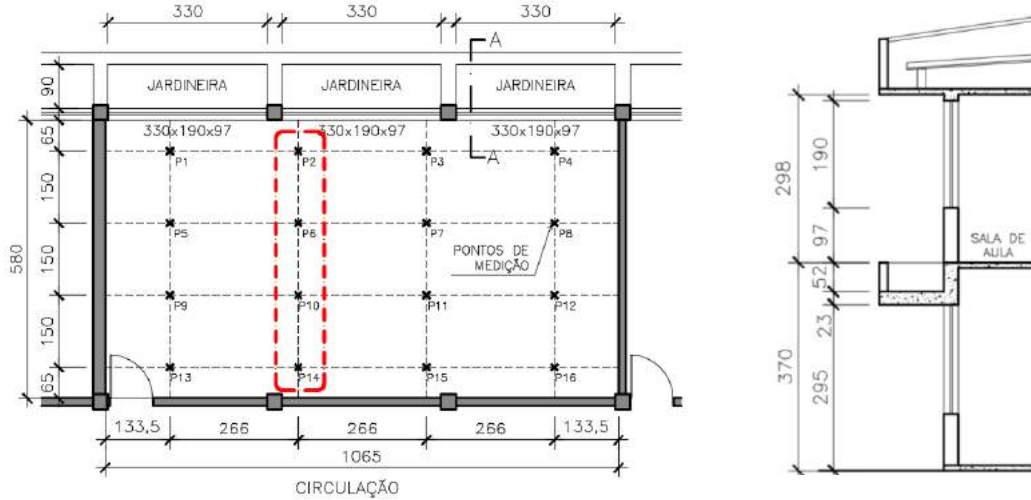


Figura 1: Planta Baixa e Corte da sala de aula utilizada como modelo para esta pesquisa. Detalhe da localização dos pontos de medição dos valores das UDIs e os pontos para curva isolux (P2, P6, P10 e P14 em destaque) (Troplux). Fonte: arquivo de AutoCAD com modificações feitas pelas autoras, 2015.

A sala de aula escolhida conta com abertura orientada para Norte com uma edificação obstruidora à frente, 19,00 metros distante desta, conforme mostram as Figuras 02 e 03.

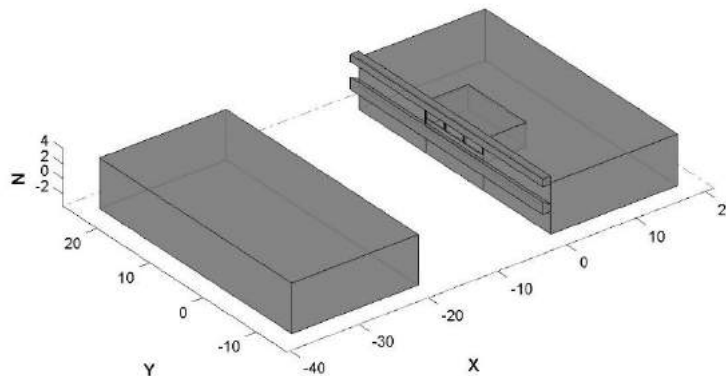


Figura 2: Perspectiva com a localização da edificação obstruidora. Fonte: Imagem gerada a partir do software Troplux 7, 2016.

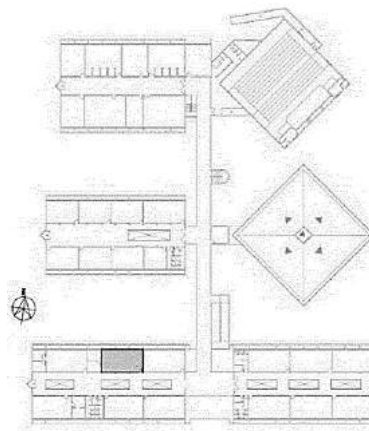
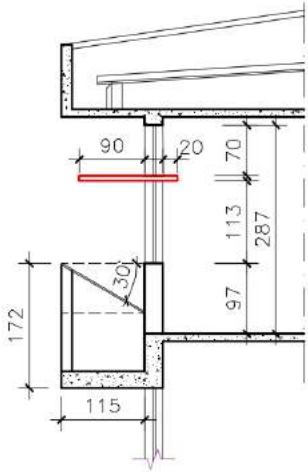
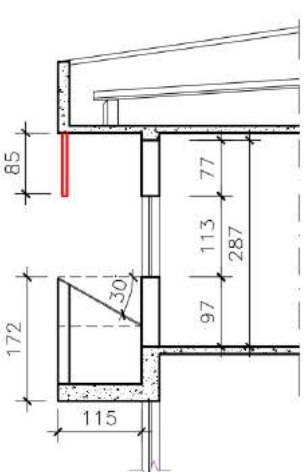
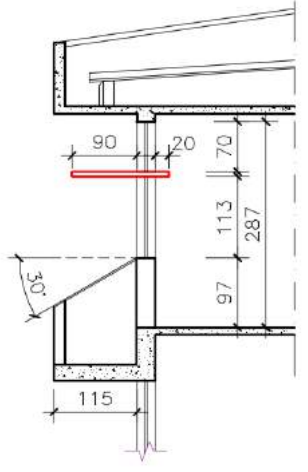
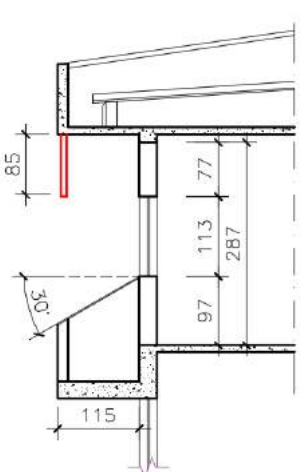


Figura 3: Planta de implantação do Ifes campus Colatina, com a localização da sala utilizada nesta pesquisa. Fonte: arquivo de AutoCAD com modificações feitas pelas autoras, 2015.

A sala escolhida trata-se de ambiente escolar e possui atividades contínuas por pelos menos 11 meses do ano. As jardineiras existentes paralelas às janelas não são utilizadas para este fim por motivos técnicos/estruturais e, para esta pesquisa, foram reformuladas e moduladas na sua geometria e refletância, para se tornarem balcões refletores, de modo a verificar a influência destes na disponibilidade de iluminação natural do ambiente interno. A inclinação utilizada para os balcões foi de 30°, baseada nos estudos de Lam (1986) e Cabús (2005), que analisam a capacidade das superfícies externas em refletir luz para dentro dos ambientes.

Quadro 1: Modelos de balcão utilizados nesta pesquisa

MODELO 1a	MODELO 1b
Balcão refletor inclinado a 30° em direção à sala, com prateleira de luz	Balcão refletor inclinado a 30° em direção à sala, com brise
	
MODELO 2a	MODELO 2b
Balcão refletor inclinado a 30° em direção à área externa, com brise	Balcão refletor inclinado a 30° em direção à área externa, com prateleira de luz
	

Os índices de refletância definidos para as superfícies foram baseados nos estudos de Cabús (2004), Hopkinson, Petherbridge e Longmore (1975) e Pereira e Souza (2000), onde procurou-se atribuir valores que representem uma realidade próxima das suas características de reflexão. Para a sala de aula adotou-se índice de 0,2 para o piso, 0,6 para as paredes internas, 0,5 para as paredes externas e 0,8 para os balcões, teto, brises e prateleiras de luz.

O céu considerado nas simulações foi o Céu 7 (Parcialmente encoberto) e o Céu 12 (Claro) (CIE, 1999). Os modelos foram simulados para todos os dias do ano, 11 horas por dia, de hora em hora, de 7 às 17h, para as orientações Norte e Sul. As coordenadas utilizadas foram as da cidade Vitória – ES, (latitude: 20°19'10" S e longitude: 40°20'16" W) pois não foi possível a inserção da cidade de Colatina - ES no programa utilizado para simulação. Optou-se então por Vitória por estas cidades possuírem coordenadas semelhantes (Colatina: latitude 19°32'22" S e longitude 40°37'50"W). Foram considerados 16 pontos de análise à 75cm de altura do piso.

Como parâmetros de avaliação de disponibilidade de luz natural no ambiente interno, foram usadas as *Useful Daylight Illuminance* (UDI) propostas por Nabil e Mardaljevic (2006). Os autores afirmam que valores abaixo de 100 lx caracterizam-se como insuficientes, valores entre 100 e 500 lx caracterizam-se com suficientes, mas com necessidade de iluminação complementar, valores entre 500 e 2000 lx caracterizam-se como suficientes e valores acima dos 2000 lx são caracterizados como excessivos.

Desta forma foram feitas as seguintes análises da iluminação natural em função dos quatro modelos de balcões (associados às prateleiras de luz e brises):

- a) avaliação dos percentuais de horas das UDI (*Useful Daylight Illuminance*), onde serão investigados como se dá o comportamento dos percentuais das UDI;
- b) avaliação da curva isolux, onde serão investigados como se dá o decaimento da iluminação natural no ambiente interno.

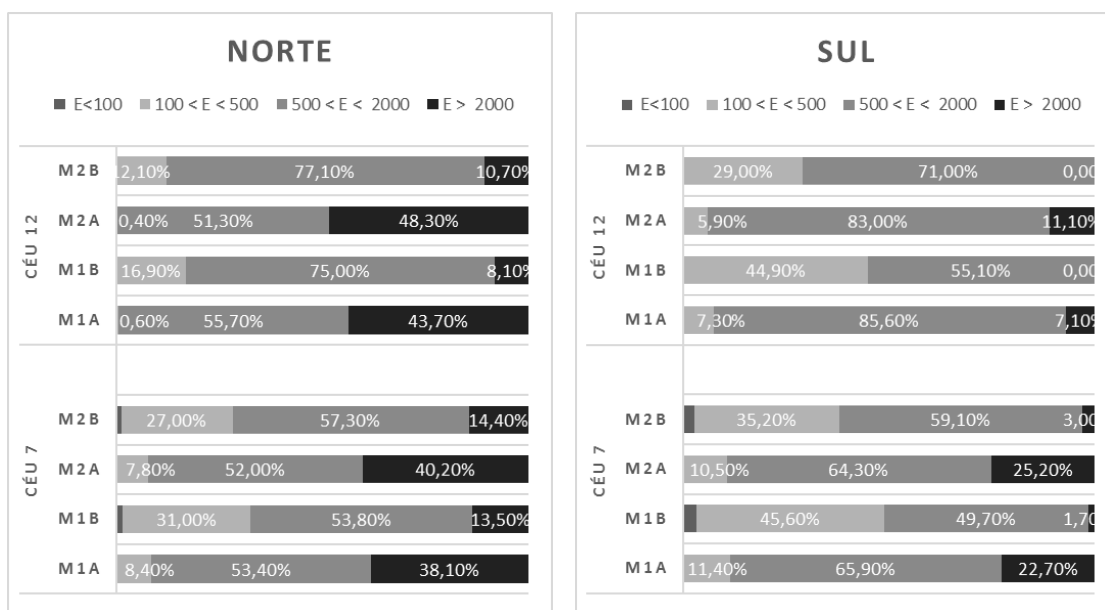
Para análise dos percentuais de horas das UDI, foram extraídos os valores dos meses entre fevereiro e novembro (período letivo). Já para a análise das curvas isolux, escolheu-se dois dias específicos, 24/09 – equivalente à uma data próxima ao equinócio de outono - e dia 24/11, que corresponde à uma data próxima do equinócio de verão, ambos dentro do período letivo. Ainda, optou-se em analisar dois horários do dia – às 10h e às 14h -, de forma a contemplar tanto o período da manhã quanto o período da tarde.

4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O Gráfico 1 apresenta os percentuais de horas do dia dentro do intervalo das UDI, de fevereiro a novembro, orientação Norte e Sul, para os Céus 7 (Parcialmente encoberto) e Céu 12 (Claro).

De maneira geral, é possível perceber que os modelos apresentaram melhor desempenho para a orientação Sul, com a maior parte das iluminâncias entre 500 e 2000 lx, considerada a faixa alvo. Para a orientação Sul, o modelo que apresentou o melhor desempenho foi o M2b, tanto para o Céu 7 (Parcialmente encoberto) quanto para o Céu 12 (Claro), pois além de apresentar elevados percentuais de horas do dia no intervalo útil das UDI, entre 500 e 2000 lx também apresentou insignificantes percentuais de horas da UDI no intervalo excessivo. Este fato contribuirá tanto para a redução do uso da iluminação artificial quanto para a redução do contraste da iluminância no ambiente interno. Os demais modelos, apesar de apresentarem elevados percentuais de horas do dia no intervalo útil das UDI - entre 500 e 2000 lx - também apresentam percentuais significativos de iluminação excessiva, a qual consequentemente acarretará grandes contrastes de iluminação no ambiente interno, principalmente para a orientação Norte.

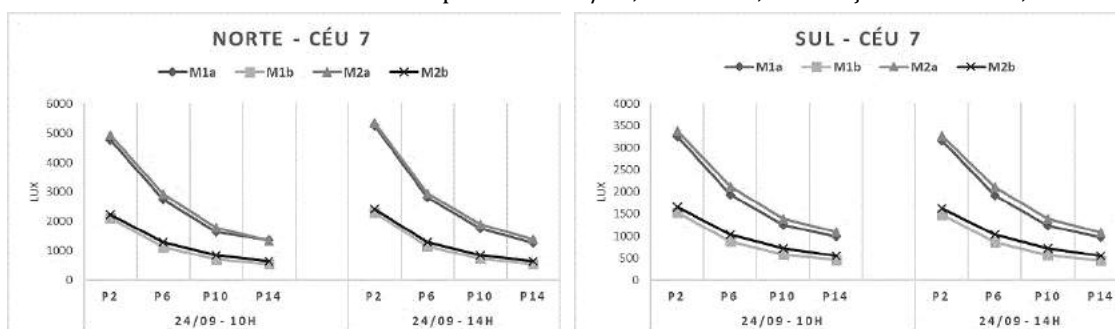
Gráfico 1: Percentual de horas do dia (UDI) de fevereiro a novembro, para orientação Norte e Sul, Céu 7 e Céu 12



Para a análise do desempenho dos modelos com relação à distribuição de luz natural dentro do ambiente, os Gráficos de 2 a 5 mostram o decaimento da luz natural, perpendicular à abertura, do ponto mais próximo à janela (P2) até o ponto mais distante (P14).

O Gráfico 2 demonstra os dados obtidos para o dia 24/09, às 10h e 14h, Céu 7 (Parcialmente encoberto), orientação Norte e Sul. Para ambas as orientações, os modelos M1b e M2b são os que apresentam os menores decaimentos da iluminância à medida que os pontos se afastam da abertura.

Gráfico 2: Decaimento da luz natural para o dia 24/09, 10h e 14h, orientação Norte e Sul, Céu 7



De acordo com a Tabela 1 e Tabela 2 observa-se que nestes modelos há um decaimento maior da iluminância até o Ponto 6, com um ponto de deflexão neste ponto e, a partir deste ponto 6, há uma redução no decaimento da iluminância. Isto permite concluir que o decaimento da iluminação natural, à medida que se afasta da abertura, não se torna progressivo. Desta forma, estes modelos contribuirão para um maior uniformidade da iluminância no ambiente interno, com menores contrastes entre a iluminância entre o ponto próximo da abertura e o ponto mais distante da abertura.

Tabela 1: Percentual de decréscimo da iluminância entre os pontos de medição, para o dia 24/09, Norte, Céu 7, às 10 e 14h

24/09 - NORTE				24/09 - NORTE			
Modelos	10h			Modelos	14h		
	P2 a P6	P6 a P10	P10 a P14		P2 a P6	P6 a P10	P10 a P14
M1a	-43%	-40%	-18%	M1a	-47%	-37%	-28%
M1b	-46%	-38%	-24%	M1b	-50%	-37%	-24%
M2a	-41%	-39%	-24%	M2a	-45%	-35%	-28%
M2b	-43%	-35%	-25%	M2b	-46%	-34%	-25%

Tabela 2: Percentual de decréscimo da iluminância entre os pontos de medição, para o dia 24/09, Sul, Céu 7, às 10 e 14h

24/09 - SUL				24/09 - SUL			
Modelos	10h			Modelos	14h		
	P2 a P6	P6 a P10	P10 a P14		P2 a P6	P6 a P10	P10 a P14
M1a	-41%	-35%	-21%	M1a	-39%	-36%	-21%
M1b	-43%	-34%	-22%	M1b	-42%	-34%	-22%
M2a	-37%	-34%	-22%	M2a	-36%	-34%	-22%
M2b	-37%	-30%	-23%	M2b	-36%	-30%	-23%

Para o Céu 12 (Claro), orientações Norte e Sul, os modelos com o melhor desempenho foram, novamente, M1b e M2b, os quais apresentaram os menores decaimentos da iluminância à medida que os pontos se afastam da abertura (Gráfico 3). Porém o modelo M1b, para Sul, Céu 12 (Claro), apresentou valores bem abaixo em comparação ao modelo M2b, apresentando, no ponto P14, índices abaixo de 500 lx, considerado insuficiente. A Tabelas 3 e 4 mostram o percentual de decaimento dos pontos de medição, com o modelo M2b apresentando a menor perda entre os pontos de medição par Sul (em destaque).

Gráfico 3: Decaimento da luz natural para o dia 24/09, 10h e 14h, orientação Norte e Sul, Céu 12

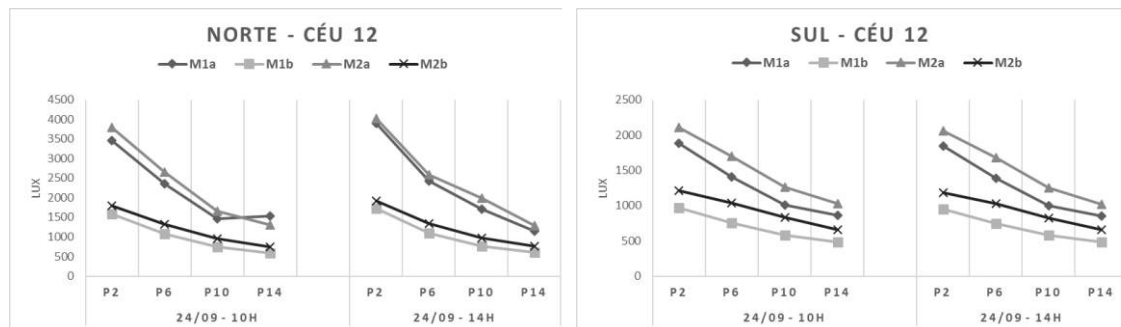


Tabela 3: Percentual de decréscimo da iluminância entre os pontos de medição, para o dia 24/09, Norte, Céu 12, às 10 e 14h

24/09 - NORTE				24/09 - NORTE			
Modelos	10h			Modelos	14h		
	P2 a P6	P6 a P10	P10 a P14		P2 a P6	P6 a P10	P10 a P14
M1a	-32%	-38%	5%	M1a	-38%	-29%	-33%
M1b	-33%	-30%	-21%	M1b	-36%	-30%	-20%
M2a	-30%	-37%	-22%	M2a	-36%	-23%	-35%
M2b	-27%	-27%	-23%	M2b	-31%	-26%	-22%

Tabela 4: Percentual de decréscimo da iluminância entre os pontos de medição, para o dia 24/09, Sul, Céu 12, às 10 e 14h

24/09 - SUL				24/09 - SUL			
Modelos	10h			Modelos	14h		
	P2 a P6	P6 a P10	P10 a P14		P2 a P6	P6 a P10	P10 a P14
M1a	-25%	-29%	-15%	M1a	-25%	-28%	-15%
M1b	-23%	-23%	-17%	M1b	-21%	-23%	-17%
M2a	-20%	-26%	-19%	M2a	-18%	-25%	-19%
M2b	-14%	-20%	-20%	M2b	-13%	-20%	-20%

No Gráfico 4, para o Céu 7 (Parcialmente encoberto), orientação Norte e Sul, os melhores resultados são provenientes do modelo M1b e M2b, que apresentaram valores de iluminância das UDI entre 500 e 2000 lx em todos os pontos, além dos menores decaimentos da iluminância à medida que os pontos se afastam da abertura, com maior uniformidade da iluminância no ambiente interno. Este decaimento é demonstrado nas Tabelas 5 e 6, com o modelo M2b tendo os menores percentuais de perda do contraste da iluminação da abertura até o ponto mais profundo da sala.

Gráfico 4: Decaimento da luz natural para o dia 24/11, 10h e 14h, orientação Norte e Sul, Céu 12

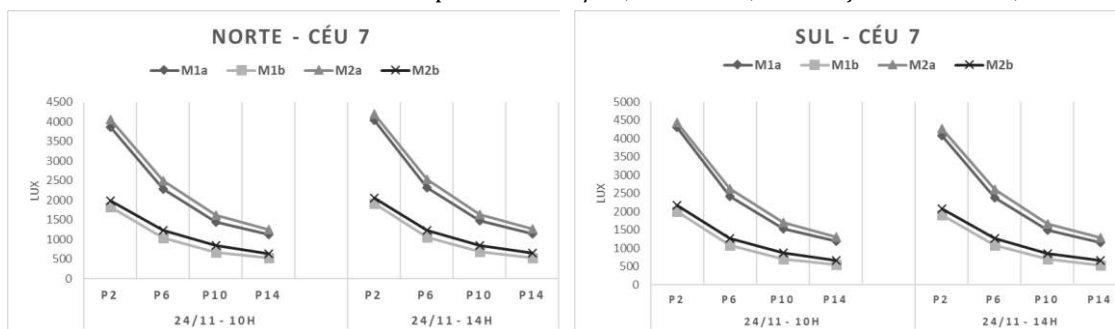


Tabela 5: Percentual de decréscimo da iluminância entre os pontos de medição, para o dia 24/11, Norte, Céu 7, às 10 e 14h

24/11 - NORTE				24/11 - NORTE			
Modelos	10h			Modelos	14h		
	P2 a P6	P6 a P10	P10 a P14		P2 a P6	P6 a P10	P10 a P14
M1a	-41%	-37%	-22%	M1a	-43%	-36%	-22%
M1b	-43%	-35%	-23%	M1b	-45%	-35%	-22%
M2a	-38%	-35%	-23%	M2a	-40%	-35%	-22%
M2b	-38%	-31%	-24%	M2b	-40%	-31%	-23%

Tabela 6: Percentual de decréscimo da iluminância entre os pontos de medição, para o dia 24/11, Sul, Céu 7, às 10 e 14h

24/11 - SUL				24/11 - SUL			
Modelos	10h			Modelos	14h		
	P2 a P6	P6 a P10	P10 a P14		P2 a P6	P6 a P10	P10 a P14
M1a	-44%	-37%	-22%	M1a	-42%	-37%	-23%
M1b	-46%	-35%	-23%	M1b	-44%	-35%	-23%
M2a	-41%	-36%	-23%	M2a	-39%	-36%	-23%
M2b	-41%	-31%	-24%	M2b	-39%	-32%	-24%

Ao analisar o Gráfico 5 referente ao Céu 7 (Parcialmente encoberto), orientações Norte e Sul, os melhores resultados são provenientes do modelo M2b, que apresentou, para Norte,

menores decaimentos da iluminância a medida que os pontos se afastam da abertura, além dos valores de iluminância permanecerem entre o intervalo das UDI considerado suficiente, ou seja, entre 500 e 2000 lx. Novamente, o modelo M2b apresentou as menores perdas, na faixa dos 20%, entre os pontos de medição do ambiente.

Gráfico 5: Decaimento da luz natural para o dia 24/11, 10h e 14h, orientação Norte e Sul, Céu 12

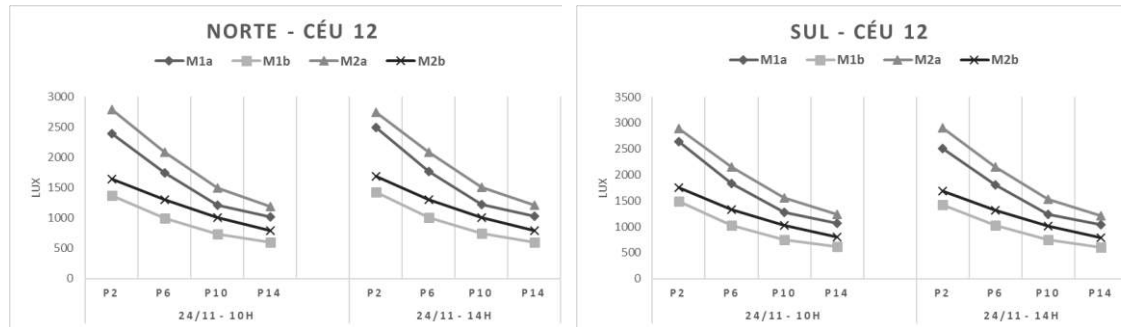


Tabela 7: Percentual de decréscimo da iluminância entre os pontos de medição, para o dia 24/11, Norte, Céu 12, às 10 e 14h

24/11 - NORTE				24/11 - NORTE			
Modelos	10h			Modelos	14h		
	P2 a P6	P6 a P10	P10 a P14		P2 a P6	P6 a P10	P10 a P14
M1a	-27%	-31%	-16%	M1a	-29%	-30%	-16%
M1b	-28%	-26%	-19%	M1b	-29%	-26%	-19%
M2a	-25%	-28%	-20%	M2a	-24%	-28%	-20%
M2b	-21%	-23%	-21%	M2b	-22%	-23%	-21%

Tabela 8: Percentual de decréscimo da iluminância entre os pontos de medição, para o dia 24/11, Sul, Céu 12, às 10 e 14h

24/11 - SUL				24/11 - SUL			
Modelos	10h			Modelos	14h		
	P2 a P6	P6 a P10	P10 a P14		P2 a P6	P6 a P10	P10 a P14
M1a	-31%	-31%	-16%	M1a	-28%	-31%	-16%
M1b	-31%	-27%	-19%	M1b	-28%	-27%	-19%
M2a	-25%	-28%	-20%	M2a	-26%	-29%	-21%
M2b	-24%	-23%	-22%	M2b	-22%	-23%	-22%

5. CONCLUSÃO

Sob as condições investigadas, os resultados demonstraram que os melhores resultados com relação à uniformidade das iluminâncias e a distribuição da luz natural foram obtidos pelo modelo M2b (balcão refletor inclinado para a área externa e brise). Este modelo obteve a melhor distribuição da luz natural no ambiente interno, principalmente quando voltado para a orientação Sul, com baixos percentuais de UDI acima dos 2000 lx, iluminância considerada indesejável. Desta forma o modelo M2b apresentou a melhor distribuição das iluminância nas horas do dia, além de menor contraste da iluminação entre os pontos mais profundos do ambiente e os pontos mais próximos da abertura.

Já os modelos que combinaram o balcão com a prateleira de luz, M1a e M2a, apresentaram os piores índices, provavelmente por este dispositivo, a prateleira de luz, permitir em várias

horas do dia um maior acesso da luz direta no ambiente interno. Esses dois modelos apresentaram, para todas as orientações, dias, horários e tipos de céu, valores acima de 2000 lx próximo às janelas. Só houve um desempenho razoável destes modelos para a orientação Sul, Céu 12 (Claro).

Desta forma, é possível afirmar que a correta combinação dos elementos de fachada podem influenciar na qualidade do ambiente interno, contribuindo para um maior aproveitamento da luz natural. Já estão sendo desenvolvidas novas pesquisas associando o balcão à outras variáveis, como diferentes ângulos solares, de forma a se conseguir o máximo de aproveitamento desse recurso, obtendo ambientes cada vez mais confortáveis e que aproveite ao máximo os recursos disponíveis.

REFERÊNCIAS

- Araújo, M. R.; Gonçalves, V.; Cabús, R. 2007. Análise da iluminação natural a partir de elementos vazados. In: *Ix Encontro Nacional E V Latino Americano De Conforto No Ambiente Construído, Ouro Preto: 2007*. ENTAC ELACAC.
- Amorim, C. N. D. 2007. Diagrama Morfológico Parte I: instrumento de análise de projeto ambiental com uso de luz natural. *Paranoá Cadernos de Arquitetura e Urbanismo*, 3., Brasília, DF, n. 3, P. 57-76.
- Cabús, R. 2004. Influência da luz refletida no solo na iluminação natural nos trópicos: comparando o desempenho de protetores solares. In: *Conferência Latino-Americana De Construção Sustentável e Encontro Nacional De Tecnologia Do Ambiente Construído, São Paulo: 2004*. claC'S ENTAC.
- Cabús, R. 2005. *Troplux – Manual do usuário*. Maceió: GRILU.
- CIE – Commission Internationale de l'Eclairage. 1999. Spatial distribution of daylight – CIE standart general sky. CIE. Wien.
- Graça, V. A. C. da; Kowaltowski, D. C. C. K.; Petreche, J. R. D. 2007. An evaluation method for school building design at the preliminary phase with optimisation of aspects of environmental comfort for the school system of the State São Paulo in Brazil. *Building and Environment* 42 (2): 984-999. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.10.020>
- Hopkinson, R. G.; Petherbridge, P.; Longmore, J. 1975. *Iluminação Natural*. Imperial Ltda. Lisboa.
- Lam, W. M. C. 1986. *Sunlighting as formgiver for architecture*. Van nostrand Reinold company: Nova York.
- Nabil, A. e Mardaljavic, J. 2006. Useful daylight illuminances: a replacement for daylight factors. *Energy and Buldings* 38: 905-913. London: Elsevier.
- Pellegrino, A.; Cammarano, S.; Savio, V. 2015. Daylighting for Green Schools: A Resource for Indoor Quality and Energy Efficiency in Educational Environments. *Energy Procedia* 78: 3162-3167. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.774>
- Pereira, F. O. R.; Souza, M. B. 2000. *Apostila da disciplina: Conforto Ambiental – Iluminação*. UFSC – CT: Florianópolis.
- Yu, X.; Su, Y. 2015. Daylight availability assessment and its potential energy saving estimation –A literature review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (52): 494-503. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.07.142>



Green Roofs: Manual structure proposed for Brazilian cities

Priscila Nakamura

Federal University of Mato Grosso do Sul, Engineering, Architecture and Urbanism and Geography College (FAENG), Campo Grande (MS), Brazil

prinakk@gmail.com

Andrea Naguissa Yuba

Federal University of Mato Grosso do Sul, Engineering, Architecture and Urbanism and Geography College (FAENG), Campo Grande (MS), Brazil

naguissa@gmail.com

ABSTRACT: Regarding green roofs, policies and encouragement strategies have been adopted for more than thirty years in countries such as Germany, Switzerland, Japan and Canada, where there are supportive standards, guidelines and manuals. In Brazil, this issue is recent and several laws are being proposed in recent years, but they are superficial and do not show strong technical or scientific basis. This work aims to create the content of a manual, including design, construction and maintenance of green roofs systems for Brazilian cities, being Campo Grande, a city in Mato Grosso do Sul State, in Brazil, the study case. It is addressed to project designers, manufacturers, contractors and users, as a support for the implementation of constructive solutions. The city characteristics were described, the nomenclature of the material (guide or manual) was defined, and then Brazilian laws were evaluated, as well as guides and manuals in use. All the documents vary both in content and depth. Thus, it was defined the content of the manual proposed (script), that will be filled in the next step. The manual structure can be used in other sites with similar characteristics.

Keywords *green roof. manual. guide. public policy.*

1. INTRODUCTION

Nowadays, green roofs are an important element for the transformation of the larger cities, as they contribute for the good performance of buildings and for the life quality of its inhabitants, creating more sustainable urban environments (Raposo, 2013). To achieve the full potential of green roofs, good planning process for proper construction is necessary and also the knowhow about how to take care the system through life time.

Some guides, manuals and documents with guidelines and requirements for construction, were developed first in Europe, where researches on green roofs started three decades ago. In Germany, where were born the modern green roofs systems (Magill et al, 2011), the natural resources scarcity and the population high density, forced people to develop sustainability practices in almost all economic activities (Buehler et al, 2011). By 1980 the consumer market of these roofs quickly expanded and according to Hui (2010), when the "boom" occurred, many of not qualified enterprises have emerged, creating a bad legacy of poorly built green roofs. This situation motivated the development of guidelines and standards, supported by research groups in universities. The FLL guide (Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau - Research for the Development of Landscape, 2008), took seven years of a research team and became a reference worldwide. In 1996, at least 10 million square meters of green roof had already been built in Germany. It is important to note that State and Municipal Government laws, through financial bonus, stimulated this growth. Other European states and cities have adopted similar support strategies and policies, encouraging a new industry to provide vegetation, materials, contractors, and maintenance staff, among others.

In Brazil, laws to stimulate green roofs construction are being proposed in many cities, but these laws are quite superficial, with lack of knowledge. It is time to have some research improvements about green roofs in Brazil to prevent what happened in Germany, and especially for hottest regions. The documents available are guides, manuals, codes, and handbooks, from many countries. Despite the characteristics of the building sites (climate, vegetation, culture) the organization of each document has differences in approach, content, in-depth level, language, which were explored in Nakamura and Yuba (2016), and can be used to develop a Brazilian manual, non-existent yet.

2. OBJECTIVE

This study aims to define the content and structure for a Brazilian green roofs manual, addressed to designers, manufacturers, contractors and users, to give them the initial support to implement the construction system in Brazilian cities.

3. METHOD

Unlike Germany, Brazil has a greater territory, with different climates and vegetation. This sets different priorities for each region. To avoid generalizations that could become an obstacle to the assimilation of the proposed guide and also to enable this first approach, it was defined a study case.

Thus, the city of Campo Grande, in Mato Grosso do Sul State, Brazil, was chosen because of easiness to obtain data about the city and vegetation, and also because of its warm climate. The strategies to this city can be generalized to other cities with similar characteristics.

Then, to define the structure of the manual, the following steps were carried out:

- Characterization of the city to elect priorities/ relevant topics;
- Definition of the nomenclature - guide or manual;
- Evaluation of content demanded in regulations;
- Evaluation of the content presented in the 4 documents and their origins, based on the results presented in Nakamura and Yuba (2016). These documents were chosen based on relevance, up-to-dateness, availability and location diversity (Europe, North America, Oceania and Asia). Thus, the German (FLL, 2008), Canadian (Touderlund, 2010), Australian (Environa Studio, 2010) and Chinese (Hui, 2011) guides were chosen. And also Raposo master's dissertation (2013) was a reference. This one presents guidelines for green roofs in Portugal, and it is very similar to what is being proposed;
- The way that the content is delivered to the reader;
- Definition of the structure and the content of the manual.

4. RESULTS

4.1 Climatic and vegetation characterization of the city:

According to Raposo (2013), one of the most important aspects in the design of green roofs concerns the weather conditions of the location, that influence directly on system performance through its lifetime. It plays a key role in the design process and in the definition of solutions. The main parameters to be considered are: temperature, rainfall and wind speed. These data interfere in the substrates selection and vegetation. However, water management and wind protection may help to overcome inhospitable environments.

Campo Grande city has 8092.95 square kilometers, and it is located in the central portion of the State (2.26 % of the total area of the State). Located in the geographical coordinates 20°26'34" south latitude and 54°38'47" west longitude, and the altitude varies between 500 and 675 meters. According to the socioeconomic profile of Campo Grande (PLANURB, 2015), the municipality has a high level of urbanization (98.66 %), an urban area of 35,903.53 hectares and a population density of 21.93 hab/ha, while in the city center has 2011.50 hectares and density of 35.32 hab/ha.

4.1.1 Winds

The stronger winds occur from June to October. In September occurs the highest wind speeds (77.32 km/h) and during October has the highest average speeds (14.98 km/h). The winds from northwest-east, northwest-northeast, northwest-north, north-east and north-northwest, occur during the whole year. Between 2009 and 2013, the north quadrant direction was the most recorded.

4.1.2 Temperature

According to the Environmental Assessment Report (GROEN, 2015), the State is in a confluence zone of air masses that blow in Brazilian territory. The region sits in a climate transition area, resulting in severe thermal contrasts, those can happen during different time of the year, as well as in different places. According to INMET, the average annual temperature was 22.8°C, while the maximum temperature occurred in October, February and November, reaching 31°C. The minimum temperature was 14.7°C and occurred in July. The thermal range in the region was 16.1°C.

4.1.3 Rainfall

According to the Environmental Assessment Report (GROEN, 2015), from 2004 to 2015, the Center-West Region has the rainy season in the summer, from December to March. According to the atlas multireferential of Mato Grosso do Sul, Campo Grande is classified as humid and sub-humid climate, presenting annual rainfall between 1500 and 1750 mm, with an water surplus between 800-1200 mm during 5 to 6 months and water scarcity 350-500 mm during 4 months.

4.1.2 Vegetation

According to the Environmental Assessment Report (GROEN, 2015), Mato Grosso do Sul State presents phytogeography connexion with Chaco, Cerrado, Amazonia and Atlantic Forest. The city of Campo Grande is located in the Neotropical zone, in the Cerrado area. It presents a phytophysiology like Campo Limpo, Campo Sujo, Cerradão, besides the presence of Alluvial Forest, areas of ecological tension represented by the contact of Cerrado/Semidecidual Stational Forest and areas of anthropic formation, used for agribusiness.

Cerrado occupies 23% of the Brazilian territory, being the second largest in area and third in biodiversity. This area is occupied by a complex of vegetation that includes different physiognomies, resulted first due to fire or the distribution of soil types, or by the combination of factors such as climate, soil, water and nutrients availability, geomorphology and topography, latitudes, cattle raising and human activities impact. It also presents biological richness once it presents about 6000 species, 800 bird's species, besides a large variety of fishes and others. As the Atlantic Forest, it is one of the richest and threatened biome in the planet, and the Brazilian biome that suffered most changes by human actions. Actually, there is just 20.7% of the remaining vegetation in the city.

4.2 Guide or manual: expected product

One of the differences among the guides and manuals used as references was the format of the document. The German one is entitled as a guide (Guidelines for the Planning, Construction and Maintenance of Green Roofing), as well as the Hong Kong one (Technical Guidelines for Green Roofs Systems in Hong Kong). The Australian document is named as a manual (Green Roof Resource Manual) and the Canadian, in its turn, merges the two formats (Design Guidelines and Maintenance Manual for Green Roofs in the Semi- Arid and Arid West).

The etymology of the words "guide" and "manual", does not present any meaningful differences. The analysis of the guides and manuals from different countries suggest that the material with less technical information were called "manual". On the other hand, the elaborated materials, with more technical information, and detailed content, were presented as a "guide". Therefore, following these examples, the content intended to be presented approaches more to the "manual" format. In the future, the manual may evolve to a "guide", like the German one.

4.3 Content required by regulation

According to Raposo (2013), air quality, climate change, water supply, soil protection, biodiversity and natural landscape has public protection. These natural resources are irreplaceable in terms of quality of life and urban environment but not always are properly protected. Due to the green roofs cost/benefit relation and their importance to the more sustainable cities development, authorities from different countries (such as Germany, Switzerland, the UK, the US and Japan), started to adopt policies to stimulate green roof implementation, in order to promote the fast expansion of this market.

These strategies are being implemented with financial bonus, tax reduction on rainwater management, environment protection strategies and regulatory measures of urban planning and buildings construction (Raposo, 2013). In Toronto, Canada, the city code requires green roofs for commercial, institutional and residential buildings over 2.000m² of built area. Smaller buildings owners may join the city program, which since 2009 has helped to finance the green roof system installation.

In Brazil, recent several bills to stimulate the construction of green roofs were been proposed. In Campo Grande, the Law 5591 of 07.28.2015, addresses the construction of green roofs in public buildings. Moreover, it is still a bill, and it has to be submitted to a technical detailing. When compared to foreign laws, it is evident that it is technically imprecise, for example when it recommends to use less water to irrigate to prevent *Aedes Aegypti* mosquito habitat. Another weak point is to recognize green roof as a standard permeable area.

Therefore, in order to improve this law, other cities experience should be used. So green roof could become more trustable by users, contractors, manufacturers, designers and others.

4.4 Frequent content and their origin

An analysis of selected documents found recurring and fundamental contents for the composition of a manual about green roofs, as well as specific content that may or may not be relevant for the Brazilian cities manual. Table 1 shows the similar contents of the analyzed guides.

Table 1. Recurrent content found in green roofs guides and manuals. Source: The authors (2016).

Recurring contents
Definition of green roofs
Goal of the guide
Guides and existent laws
Benefits of green roofs systems
Types of green roofs
Applicability range of green roofs (weather conditions)
Function and benefits of green roofs
Implications of loadings on the structure
Roof inclination
Architectural and executive roof project and adaptations (remodeling)
Cost considerations
Leaking detection
Waterproofing of the basis for green roofs
Protection against root penetration
Drainage (drains and pipes)
Water retention for vegetation
Water storage for multipurpose uses
Water filtration (draining blankets)
Substrate role and composition
Vegetation selection
Planting forms
Aptitude for agriculture and food production
Protection against accidents/security mechanisms
Wind action
Erosion protection
Fire protection
Integration of solar panels and other technologies on green roofs
Irrigation
Fertilization
Conservation and maintenance

*the highlighted topic means that the authors do not agree that it is essential to build a green roof.

All contents indicated above are relevant for Brazilian context, but the “integration of solar panels and other technologies” (highlighted), can be excluded, because their absences do not impact the viability of green roof.

Below are listed punctual contents, presented in one of them or in some of the analyzed documents. All subjects of the Table 2 are relevant, but not all of them are priorities. Users safety and health items were considered relevant and priority (highlighted), like the compatibility among the materials, because when it is made in a right way, it can increase the durability of the system, otherwise, it can result in gases emission, and pollution.

These particular issues could be named as secondary items, but they can define the success or failure of a large-scale initiative. Other content such as the “installation of furniture” and “aptitude for environmental certification”, are considered relevant, but not priority to compose the structure, once they are additional issues, which can be developed later.

Table 2. Specific content identified in the green roofs guides and manuals. Source: the authors (2016).

Specific content
Barriers/obstacles to the green roofs implementation
Aptitude for environmental certification
Compatibility among materials
Environmental compatibility (leaching emissions, disposal/recycling, pollution)
Tolerance levels of plants, phytotoxicity
Role of professionals
Protection against landslides and shear of green roofs
Construction elements (made locally or pre-fabricated)
Path ways on green roofs
Furniture installation (pergolas, trellises, lighting, etc.)
Caring for the installation of mechanical protection for waterproofing
Project management (production, administrative and legal context)
Warranties
Tests and inspections

It is important to emphasize the origin of the guides and manuals analyzed. The Hong Kong guide (Hui, 2011) and Canada one (Touderlund, 2010) were developed by researches in universities. The Canadian research had the collaboration of environmental organizations and the government. The Australian manual was prepared by government initiative, aiming to provide the community a new source of information, such as regulations, buildings certification, among others, and had the participation of six consultants and city representatives. The German guide was also prepared by various consultants from a group that supplies not only green roofs guidelines, but building systems guidelines in general.

The depth and coverage of each guide or manual is directly related to the number and diversity of professionals involved in preparing such material.

4.5 How to transmit the information to the reader

The manual script, i.e. the order of the contents, was based on two studies: Hui (2010) who proposes a better organization to separate and define the steps of the guide, and Raposo (2013), which presents a coherent sequence in order to facilitate search and understanding. Hui's approach (2010) drew attention to the items shown in Table 2. The author says that the stakeholders play a significant role to produce a guide, and emphasizes training and education to improve the understanding and skills in the development of the project, and its management. It shows how important are parallel actions to the manual creation, to deal with different aspects of the diffusion process.

4.6 Structure and content of the proposed manual

Using as the main reference Hong Kong guide (Hui, 2010), this manual was divided in three parts. The following scheme shows the proposed content for such manual:

- Part 1:
 - Introduction
 - Green roofs and its characteristics
 - Where the manual can be used

- Part 2:
 - Design and construction
 - Management and maintenance
- Part 3:
 - Finals considerations
 - References
 - Appendix and/or attachments (if available)

Tables 3 and 4 show the steps and outline the questions to be answered in the next stage of the research. The content of part 1 is composed by an introduction, common to all the guides and manuals used as references, containing definitions, types of green roof and its benefits. It also introduces the sites where the manual can be used, based on Raposo (2013) considerations.

Table 3. Composition of the first part of the manual. Source: The authors (2016).

Part 1 (generals aspects)	Should contain
Introduction	---
Purpose	Objective of the manual
Guides and manuals in use	International examples
Benefits and barriers	Reference authors
Green roof and its characteristics	---
Definition	What is green roof? (Reference guides, authors)
Types	Describe the extensive, semi-intensive and intensive vegetation
Functional layers	Scheme of green roof structure, compatibility among the materials
Where the manual can be used	Mentions the extents of the manual
Campo Grande and its characteristics	Characterization of Campo Grande (Planurb, Inpe, Inmet...)
Climate	Show data (Planurb, Inpe, Inmet...)
Temperature	Show data (Planurb, Inpe, Inmet...)
Wind	Show data (Planurb, Inpe, Inmet...)
Vegetation	Characterization of Cerrado

Part 2 is composed by the most relevant factors for the implementation of green roofs. This part appears in the majority of the guides and manuals used as references. The construction steps will be shown, organized by themes (safety, rain, water management etc). Besides the items in common in all references, some punctual information was added. This information is relevant due to the specialized professionals involvement, as showed by Hui (2010).

Table 4. Composition of the second part of the manual. Source: the authors (2016).

Part 2 (process of implementation)	Should contain
Design, viability and construction	---
Initial considerations	---
Objective	What is the destination of the green roof?
Budget	Address the final cost estimate
Accessibility	Who can access the roof?
Role of practitioners	Which practitioners are involved?
Analysis and choice of location	---
Load implications on the structures	Care with the load on a new or existent structure
Roof inclination	Values, search for the references
Wind action	Reference guides, search for acceptable wind speed values
Safety	---
Fall protection	Protection for contractors and users
Fire prevention	Measures that can help to prevent or control, references
Protection against shear and landslides	Measures to prevent accidents
Tightness	---
Waterproofing	Existing types in Brazil and the best ones for green roofs
Mechanical protection	Function, types of materials and installation methods
Root barrier	Existing types in Brazil and the best ones for green roof
Rainwater Management	---
Water drainage system (drains and pipes)	Function, types of materials and installation methods
Retention of water for vegetation	Function, types of materials
Water storage for multipurpose use	How can be done and for what use?
Water filtration (draining blankets)	Function, types of materials and installation methods
Vegetation performance	---
Role and composition of the substrate	Function, types, selection requirements. Search information regarding the area
Vegetation selection	Types (herbs, grasses and others), selection criteria
Phytotoxicity tolerance level of vegetation	Measures to guarantee the vegetation survival
Vegetation recommended for green roofs in Campo Grande	Tamires Yule recommendations for native vegetation of the Brazilian Cerrado (also known as Brazilian savanna)
Planting forms	References
Aptitude for agriculture and food production	References, types of food that can be cultivated in Campo Grande
Irrigation	Function, types of materials and installation methods
Fertilization	How to use, frequency. References
Management and maintenance	---
Project management (productive, administrative and legal context)	References
Warranties	Analyze warranties of specialized companies
Conservation e maintenance	Maintenance plan
Tests and inspections	Function, types of materials and installation methods

5. FINAL CONSIDERATIONS

This study created a content structure for a Brazilian manual of green roofs. It did not intend to solve all obstacles and barriers regarding implementation of green roofs in Brazilian cities. Moreover, it introduced useful content for designers, manufacturers, contractors and users, to guide and inform them about the requirements to design it. In order to make this research viable and due to limitations (researchers, time, resources), this work defined a specific context.

The organization in topics was generated by a structured analysis of four important documents. It can be viewed as a summary of the main issues around green roofs. The development of the contents does not constitute part of this work. In fact, it will be done in the next step of the research. Moreover, it will be given emphasis to the public and private sectors involvement and to the creation of a practical and easy to use material.

REFERENCES

- Aziz H. and Ismail Z. 2011. *Design Guideline for Sustainable Green Roof System*. IEEE Symposium on Business, Engineering and Industrial Applications (ISBEIA), Langkawi, Malaysia Legal Aspects in Built Environment Initiative Group.
- Dvorak, B. 2011. Comparative analysis of green roof guidelines and standards in Europe and North America. *Journal of Green Building*, 6 (2): 170-191.
- Enviro studio. Sydney City Council Green Roof Resource Manual, Sydney. 2010. Available at: <http://www.cityofsydney.nsw.gov.au/>. Accessed November 5, 2015.
- Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL). Guidelines for the Planning, Construction and Maintenance of Green Roofing. 2008. Available at: <http://www.fll.de/verbandsstruktur.html>. Accessed June 5, 2015.
- GROEN-Engenharia e Meio Ambiente LTDA. 2015. *Consultoria em meio ambiente*. Relatório de Avaliação Ambiental. Programa de Desenvolvimento Integrado do Município de Campo Grande/MS. Preliminar version. Available at: <http://www.pmcg.ms.gov.br/SEGOV>. Accessed May 16, 2016.
- Hui, S. 2010. *Development of technical guidelines for green roof systems in Hong Kong*. Proceedings of Joint Symposium 2010 on Low Carbon High Performance Buildings; Hong Kong.
- Hui, S. 2011. Technical guidelines for green roofs systems in Hong Kong. Available at: http://www.mech.hku.hk/bse/greenroof/HK_Green_Roof_Technical_Guidelines.pdf. Accessed May 1, 2015.
- Instituto Municipal de Planejamento Urbano – PLANURB. 2015. Perfil Socioeconômico de Campo Grande/Instituto Municipal de Planejamento Urbano - PLANURB. 22^a ed. rev. Campo Grande.
- Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. 2015. *Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990*. Available at: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>. Accessed May 16, 2016.
- Nakamura P. e Yuba A. N. 2016. *Comparação entre guias de coberturas verdes*. In: XVI ENTAC: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. São Paulo. Annals.
- Raposo, F. 2013. *Manual de boas práticas de coberturas verdes*. Lisboa: Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa. Master's dissertation.
- Tolderlund L. 2010. Design Guidelines and Maintenance Manual for Green Roofs in the Semi-Arid and Arid West. Available at: <http://www2.epa.gov/sites/production/files/documents/GreenRoofsSemiAridAridWest.pdf>. Accessed November 5, 2015.



Double Glazings: Spectrophotometric Characterization for Facade Modules

Helenice M. Sacht

PhD Professor, Civil Engineering of Infrastructure, Federal University of Latin American Integration, Foz do Iguaçu, Brazil, helenice.sacht@unila.edu.br

Luis Bragança

PhD Associate Professor, Civil Engineering, School of Engineering, University of Minho, Guimarães, Portugal, braganca@civil.uminho.pt

Manuela Almeida

PhD Associate Professor, Civil Engineering, School of Engineering, University of Minho, Guimarães, Portugal, malmeyda@civil.uminho.pt

Heriberto O. Nascimento

PhD Professor, Department of Textile Engineering, Federal University of Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande do Norte, Brazil, heriberto@ufrnet.br

Rosana Caram

PhD PhD Associate Professor, Institute of Architecture and Urbanism, University of São Paulo, São Carlos, Brazil, rcaram@sc.usp.br

ABSTRACT: Glazing contributes significantly to heat transfer between outdoor and indoor spaces and these surfaces act directly on daylighting and thermal comfort. Based on these aspects, spectrophotometric characterization of double glazings was accomplished to study components for a modular facade system for the climate of Portugal. This study focused on results of spectrophotometric measurements of optical behavior in the different solar spectrum intervals – ultraviolet, visible and near infrared, specifically transmittance of two types of double glazings. The first double glazing presents a single pane of green glass with a solar control foil and a single pane of a glass with an extremely low-emissivity foil; the second one presents a single pane of self-cleaning glass and a float clear annealed glass. Results show the percentage of transmission to spectrum intervals, which enabled the verification of the efficiency of the glazing in terms of daylighting and the correlation to thermal performance. These results generate subsidies and indications for specification and adequate uses of transparent surfaces, and also complements the datasheets available from the manufactures.

Keywords *Facades; Daylighting; Double Glazing; Spectrophotometer Tests; Energy Efficiency.*

1. INTRODUCTION

The specification of transparent materials for building facades requires the careful consideration of the product performance characteristics and building codes, among other demands. All glazing properties must be considered in the choice of a material. The selection of glazings should be a careful process of evaluation and weighing of tradeoffs. Among the characteristics required for the specifications of transparent materials, spectrophotometric behavior is an important factor, as it enables improvements in the thermal and visual comfort of a building.

An improvement in the façade design would be the choice of glazing whose characteristics maximize daylight effectiveness and occupants' comfort, minimize energy use and accomplish the objectives of the architectural project. All glazing properties must be examined during the choice of the type of glazing to be used in a careful evaluation process. However, some characteristics, as transmission in different spectrum intervals and influence on the daylighting and thermal performance are not provided by the manufacturers (Sacht, 2013).

The transmission through glazings depends mainly on the angle of radiation incidence, thickness, chemical composition and superficial characteristic of the glazing. The angle of radiation incidence is the angle between the direction of the radiation and the normal one (90°) to the surface under analysis (Caram, 1998).

The transmission of glazings also depends on the wavelength of the incident radiation. People typically spend many hours in buildings bathed in the ultraviolet, visible, and infrared radiation produced by natural or electric lighting, which can damage tissue regardless of their possible influence on the visual and circadian systems (Boyce, 2010).

Baldinelli (2009) reported spectral data in the wavelength field of interest for solar radiation and showed the high transparency levels of glazing systems made by internal (stratified glass, air gap, float glass) and external (stratified glass) glazings, as well as the good reflective properties of aluminum in a shading system. According to the author, glazing optical properties depend on the incident angle between the surface and the ray direction; as it deviates from the normal direction (0°), transmissivity decreases, whereas reflectivity and absorptivity increase. The variation in optical properties caused by the incidence angle depends on the glass type and thickness and, in particular, is more pronounced for multiple-pane glazing systems.

Studies on glass and other transparent materials have focused mainly on the penetration of UV rays through the glazings. Optically functional glasses have been proposed for curbing its excessive penetration and performance assessments of the glazed materials were reported by Kim & Kim (2010). Their results show UV protection glass is more effective for controlling UV rays of natural light, clear glass treated with UV protection film would provide excellent control of UV penetration and a pair of clear and UV protection glass treated with UV protection film should be recommended. All such characteristics can achieve 96.7% UV protection from natural light.

Li et al. (2015) present a spectroscopic method developed to determine the optical constants of float glass material including refractive index and absorption coefficient based on the transmittance spectra modeling. The transmittance spectrograms of single float glass glazing units at normal incidence with different glass thicknesses in the wavelength 337–900 nm were measured. The optical properties of single and double glazing units were numerically investigated and results show that the optical performance of glazing units reveals a considerable difference in the measured wavelength region.

The solar spectrum is divided into ultraviolet UV region (100 to 380nm), visible region (380 to 780) and infrared region (780 to 3000). The transmission of glazings for each interval influences some characteristics relative to daylighting condition and heat transfer. The ultraviolet band is more energetic than the light, which has a shorter wavelength, therefore, it penetrates the skin more deeply and causes burns according to the time of exposition to the solar radiation. Although only 1 to 5% of the ultraviolet radiation reaches the terrestrial surface, it must not be ignored. It is responsible for the synthesis of Vitamin D through the skin and exerts a bactericide effect; on the other hand, it compromises the durability of the materials.

The visible region (380 - 780nm) is associated with the intensity of the white light transmitted and directly influences the degree of natural illumination of an environment. It is also called luminous region and provides the visual day-by-day sensation. It is the visible portion of the incident solar radiation in the normal direction to the surface plane.

The infrared region (780 - 3000nm) is invisible to the visual system, although it is perceived in the form of heat. It interferes in the indoor conditions of the environment through solar heat gains, therefore, it cannot be ignored. References of some specifiers regarding such a region of the spectrum include statements as “glass is generally opaque to the infrared”, however, this is wrong information.

Based on these aspects, spectrophotometric characterization of double glazings was accomplished for the study of glazing components for a modular façade system for the climate of Portugal. The study focused on results of spectrophotometric measurements of optical behavior, in the different solar spectrum intervals – ultraviolet, visible and near infrared, specifically transmittance of two types of double glazings.

2. MATERIALS AND METHODS

The development of this research included the characterization of glazing materials; preparation of the spectrophotometer; cleaning, identification and fixation of the specimen on the device and description of the spectrophotometric tests.

2.1 Glasses Specimen

Rectangular samples of 50mmx50mm dimension were used for the tests. The spectrum measurement range was 200 to 1100nm, which comprehends three regions: ultraviolet (200 to 380nm), visible (380 to 780nm) and near infrared (780 to 1100nm).

The double glazings were fixed in a hard paper device (Fig. 1 a-b). This device enabled the configuration of the double glazings with an indoor air layer. The samples were placed 6mm from each other in the spectrophotometer, differently from the usual position, i.e.,

12mm. However, the results would be significant for the analysis of the influence of the air layer on the transmission of the double glazings. Table 1a-b presents the description of the samples analysed.

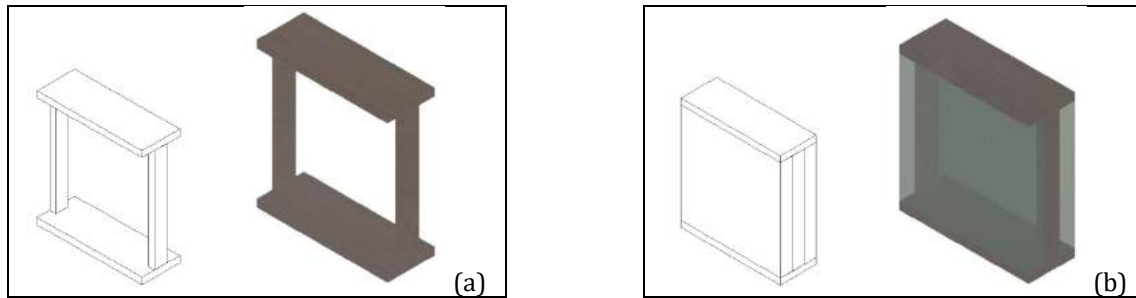


Figure 1. a-b. Device made with hard paper for the conformation of the double glazing (a); device with the specimens positioned (b).

Table 1a. Description of the Glass Specimens.

Simple Glazing				
Identification	Type of Glass	Thickness	Number of Specimens 50x50 mm	Position of Coating
Glass B	Green glass with a solar control metallic foil that confers it characteristics of solar control	6mm	3	Face 2
Glass E	Glass with an extremely low-emissivity foil.	6mm	3	Face 2
Glass C	Self-cleaning glass manufactured by depositing a transparent layer of photocatalytic and hydrophilic mineral material onto clear glass.	6mm	3	Face 1
Glass G	High quality, clear annealed glass, manufactured by the float process.	6mm	3	No coating

Table 1b. Description of the Glass Specimens.

Double Glazings				
Identification	Type of Glass	Thickness	Number of Specimens 50x50 mm	Position of Coating
Glazing 04	Glass B Glass E	18mm*	3	**
Glazing 07	Glass C Glass G	18mm*	3	**

Faces of Double Glazing
 *6mm - Air layer 6mm - 6mm

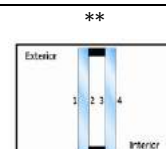


Table 2 shows the samples of the selected glazings to provide the visual aspect of the selected materials. In the samples, the rusty part corresponds to the abrasion band on the face with the film, so that the glazings could be correctly positioned in the spectrophotometric characterization tests.

Table 2. Specimens of Glasses

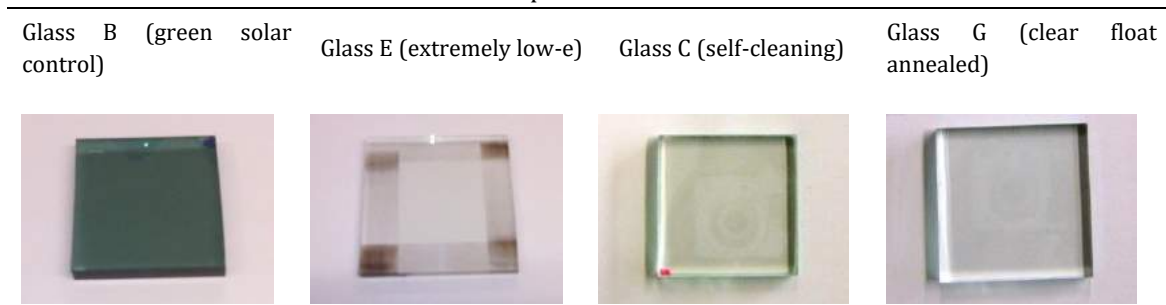


Table 3a-b shows other characteristics of the studied glazings, as the U-values, solar heat gain coefficient (SHGC), shading coefficient and relative heat gain (W/m^2).

Table 3a. Characteristics of the Glazings.

Simple Glazing			
Characteristics	Glazings		
	Glass B (green solar control)	Glass E (extremely low-e)	
Thickness		6mm	6mm
U-Value (W/m^2K)		5.68	5.66
Solar Heat Gain Coefficient (SHGC)		0.43	0.62
Shading coefficient		0.50	0.71
Relative Heat Gain (W/m^2)		351	485
Characteristics	Glazings		
	Glass C (self-cleaning)	Glass G (clear float annealed)	
Thickness		6mm	6mm
U-Value (W/m^2K)		5.80	5.80
Solar Heat Gain Coefficient (SHGC)		0.81	0.85
Shading coefficient		0.94	0.98
Relative Heat Gain (W/m^2)		631	657

Table 3b. Characteristics of the Glazings.

Double Glazings			
Characteristics	Glazings		
	Glazing 04 (double)		Glazing 07 (double)
	Outer	Glass B	Glass C
Pane	Inner	Glass E	Glass G
Thickness		18mm	18mm
U-Value (W/m^2K)		2.36	3.10
Solar Heat Gain Coefficient (SHGC)		0.33	0.71
Shading coefficient		0.38	0.82
Relative Heat Gain (W/m^2)		260	543

2.2 Spectrophotometer tests

According to the ASTM (1993), the spectrophotometer is the ideal equipment to provide the data of transmission percentage to the ultraviolet, visible and near infrared regions. It also enables a sweeping in the spectrum only in the region of interest.

The device used for the tests was the UNICAM UV/VIS (Fig. 2). It can provide data on absorption, reflection and transmission of the tested materials. Due to the purpose of this research was only used the mode of transmission. A tungsten lamp was used for the whole spectrum. The samples were tested at 0° with the normal incidence (sheaf perpendicular to the sample) and the sheaf incidence was in accordance with the coating of the samples, as it followed the recommendations of the manufacturer for analyzed glasses.



Figure 2. Spectrophotometer UNICAM UV/VIS.

The glazings with special films (except the self-cleaning one) were tested with their face treated, facing the inner part of the device and not in contact with the sheaf of light. Such a procedure was performed according to the manufacture's recommendation that the face must face the inner part of the glazing composition so that the coating should be intact, as it easily oxidizes in contact with the air.

The software started the sweeping procedure at 200nm with the equipment closed and ended at 1100nm. A 200 to 1100nm spectrum was analyzed in this spectrophotometric characterization test. Another division was created in this interval and other sub-intervals were generated to characterize the ultraviolet (300 to 380nm), visible (380 to 780nm) and part of the infrared (780 to 11nm) regions.

3. RESULTS

The experimental results from the spectrophotometer are provided in graphs for a good visualization of what occurs regarding transmittance inside the glazings studied for each sample subjected to normal incidence of radiation. Such results will be shown per type of glazing in a graph.

Regarding the transmission in the visible region, the use of glazings whose transmission ranges between 30 and 50% is recommended, as they guarantee environments of satisfactory illuminance level and enable the development of activities that require precision of the visual system. The following intervals of luminous transmission (LT) can be established as a parameter (Caram, 2002):

- $LT < 30\%$ weak luminous transmission;
- $30\% \leq LT \leq 50\%$ medium luminous transmission;
- $LT > 0,50$ strong luminous transmission.

The LT coefficient should be between 30 and 50% in vertical surfaces and 25% and 40% in covered ones. Besides the transmission in the visible region, which is usually the parameter provided by the manufacturers of glazings, the transmission in the intervals of the ultraviolet and infrared must also be considered. The curves of results will be discussed based on such considerations and from the point of view of thermal comfort and daylighting.

3.1 Glass B, Glass E and Glazing 04

The Glass B (green) showed a large transmission decrease in all regions of the spectrum, mainly in the UV and infrared regions, with percentages of 2.85% and 4.80%, respectively. Regarding visible transmission, the value was 14%. The transmission in the UV and infrared regions has confirmed the solar control characteristics of the glass (Fig. 3), which are lower in comparison with the simple float glasses.

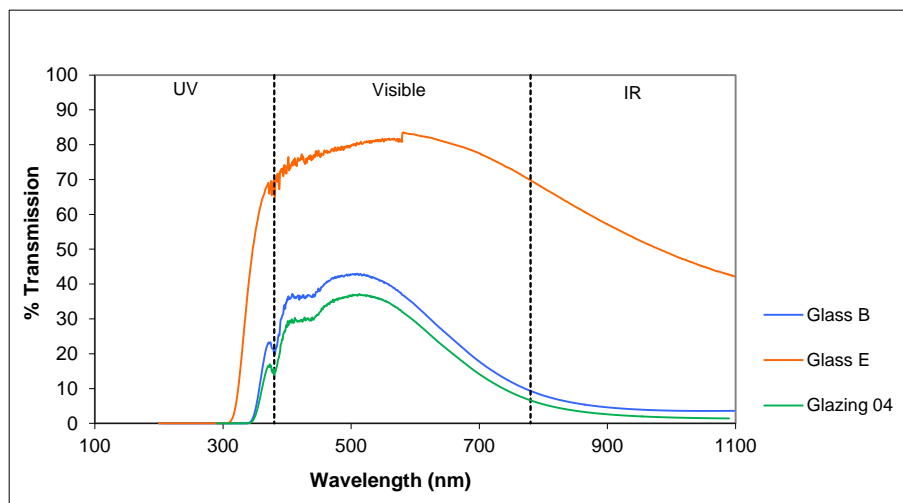


Figure 3. Transmission curves: Glass B, Glass E and Glazing 04

The Glass E (extremely low-e) in terms of transmission presents 15.94% transmission in the UV region, 78.07% in the visible region, 54.38% in the infrared and 57.10% total transmission.

A substantial decrease was observed in all regions of the spectrum for Glazing 04, composed of the Glass B (green solar control), an air layer and Glass E (extremely low-e). The visible and infrared regions, which showed percentages of 25.15% and 2.63%, respectively, must be highlighted. The lowest transmission values among all analyses in the infrared interval have proven the efficiency of the use of such glazing (25.15%) in the decrease of nominal cooling needs in terms of visible transmission. A decrease in the transmission is observed for a green glass of solar control (outer) and low-e glass (inner).

3.2 Glass C, Glass G and Glazing 07

The percentage of transmission of the Glass C (self-cleaning) in the UV region was 17.03%. Regarding visible light, it transmits 82.52%, which guarantees a high transmission and better conditions of daylighting. In terms of infrared radiation, its transmission is 70.78%, which indicates its use will cause higher heating in the indoor environment, however with a small decrease of UV radiation (Fig. 4). In this case, the self-cleaning coating does not

cause large differences regarding transmission, which is an advantage because, besides higher daylighting and internal heating, a self-cleaning function is expected.

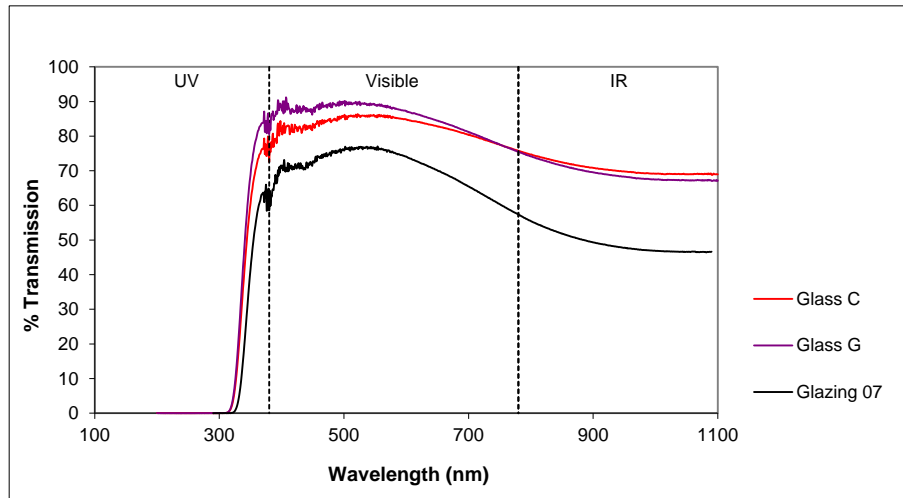


Figure 4. Transmission curves: Glass C, Glass G and Glazing 07

Glazing 07, composed of Glass C (self-cleaning), a layer of air and Glass G (clear float annealed) has shown a percentage of transmission in the UV region of 23.92%. Regarding visible light, it transmits 70.34%, which guarantees high daylighting. In terms of infrared irradiation, its transmission is close to that of Glass E (extremely low-e), which indicates its use may heat the internal environment, however with a small decrease in the UV radiation transmission. In this case, the self-cleaning coating caused no differences in terms of transmission in comparison to the composition of double glazing with the low-glass analyzed.

4. CONCLUSIONS

As the climate in Portugal is temperate, the ideal glazing should work as a barrier against ultraviolet radiation and enable the passage of the visible light to favor daylighting. In other words, such glazing should enable good transmission in the visible region and a small amount of heat from the near infrared so as to help the heating of the indoor environment. Low-emissivity glazings display those characteristics as they usually show good thermal performance for temperate climates. The results of high transmission in the infrared for some materials analyzed show their adequacy for use in countries of predominantly cold weather.

According to the results of the spectrophotometric tests, the lowest values of total transmission and in the visible and infrared intervals were observed for the Glazing 04, which employs the Glass B (green solar control) in the outer pane and Glass E (extremely low-e) as inner pane. The lowest transmission result was observed for the simple Glass B for the ultraviolet region. Such a characteristic has proven the performance of the green glass was good for use in climates in which the decrease in the nominal cooling needs is a priority.

The total transmission of Glazing 07 (Glass C-self-cleaning in the outer pane and Glass G-clear float annealed, in the inner pane), mainly in the infrared region, has also proven its efficiency regarding the decrease in the heat energy needs. The data of transmission of

solar radiation are directly related to the thermal comfort conditions, principally in relation to the results for the infrared interval.

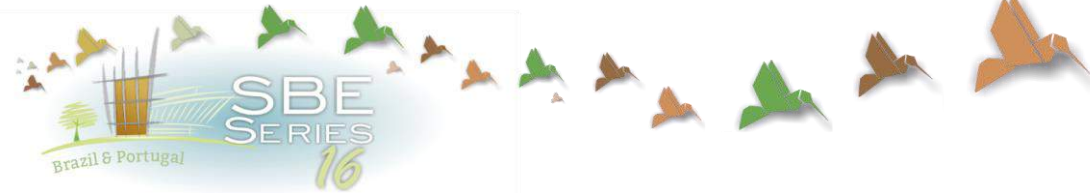
Each type of glazing has led to distinct transmissions for each band of the solar spectrum. The conception of a good daylighting system and thermal comfort requires attention regarding the localization and orientation of the building, but also the variations of the daylight in function of the seasons of the year, time and weather conditions. The results show that evaluates the transmission only in function of the luminous transmission (in the visible region) of the glazing is not adequate and may not be correct, because the transmission in the other intervals will also influence the thermal comfort.

Acknowledgements

The authors gratefully acknowledge the financial support provided by Erasmus Mundus ISAC – Improving Skills Across Continents for this research.

REFERENCES

- American Society For Testing And Materials (ASTM). 1993. *E 275: Standard practice for describing and measuring performance of ultraviolet, visible, and near-infrared spectrophotometers*. Philadelphia.
- Baldinelli, G. 2009. Double skin façades for warm climate regions: Analysis of a solution with an integrated movable shading system. *Building and Environment*. 44, 1107–1118.
- Boyce, P. R. 2010. The Impact of Light in Buildings on Human Health. *Indoor Built Environment*. 19;1: 8–20.
- Caram, R. M. 1998. *Caracterização Ótica de Materiais Transparentes e sua Relação com o Conforto Ambiental em Edificações*. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP. Campinas.
- Caram, R. M. 2002. *Estudo e Caracterização de Fachadas Transparentes para Uso na Arquitetura: Ênfase na Eficiência Energética*. Tese de Livre-Docência - Departamento de Arquitetura e Urbanismo Escola de Engenharia de São Carlos- EESC/ USP. São Carlos.
- Kim, G.; Kim, J. T. 2010. UV-Ray Filtering Capability of Transparent Glazing Materials for Built Environments. *Indoor and Built Environment*. 19;1, 94–101.
- Li, D.; Li, Z.; Zheng, Y.; Liu, C.; Lu, L. 2015. Optical performance of single and double glazing units in the wavelength 337–900 nm. *Solar Energy*, 122, 1091–1099.
- Sacht, H. M. 2013. *Módulos de Fachada para Reabilitação Eco-Eficiente de Edifícios*. Tese de Doutorado. Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Minho, Portugal, Guimarães.



Industrial waste: Study for adding or partial replacement in Portland cement

Larissa Helena Carnielli Howat Rodrigues

Federal University of Espírito Santo, Master's student, Department of Civil Engineering, Vitória (ES), Brazil

laricarnielli@hotmail.com

Geilma Lima Vieira

Federal University of Espírito Santo, Department of Civil Engineering, Vitória (ES), Brazil

geilma.vieira@gmail.com

ABSTRACT: In an attempt to mitigate the environmental impact of industrial activities and the assumption of scarcity of raw materials due to the impacts experienced in the present world seek out alternatives for recycling of industrial waste generated on macro complex civil construction sector. The objective of this study was to promote a literature review of promising approaches published for introduction of industrial waste for adding or partial replacement of Portland cement. To reach this goal, we carried out a literature search which included: the consultation of selected national and international, conceptualizing the cement in the sector of sustainability and civil construction and, especially, in consultation with the research at national and international levels for characterization of the types of waste as possible to be incorporated in Portland cement. The conclusion was that there is a predisposition of waste red mud and waste of marble and granite to be recycled, with compositions similar to the raw material for the manufacture of Portland cement, having more positive results in physical and chemical analyzes on the wastes that were, according to the authors pozzolanic activities.

Keywords *Industrial waste; Portland cement; Sustainability; Red mud; Ornamental stones.*

1. INTRODUCTION

Portland cement is one of the main products in the production of concrete since its creation. With the advancement in technology of constructions and population growth have boosted the development of activities in the construction industry and, as a result, the increase in the consumption of cement, which went on to be material more used in civil construction in the world. The production of cement in 2013 revolved around 4 GT per year having a growth of 9% compared to the previous year (Supino *et al.*, 2016), the annual per capita consumption of cement in 2009 was approximately 450 kg, with a view to 5 billion tons of consumption in 2050 (WBCSDB, 2009, Battagin, 2011).

However, during the process of cement production requires a high energy consumption and high levels of CO₂ in the atmosphere, especially in the middle phase of production of clinker, in addition to the high consumption of raw material (Aruntas *et al.*, 2010, Supino *et al.*, 2016). The impacts can be measured in the consumption of around 3% of primary energy used in the world (Juenger *et al.*, 2011) in issuing the atmosphere of approximately 2 billion tons of CO₂ (Shi *et al.*, 2011) and the consumption of 1.5T - 1,7T of materials minerals to 1T clinker (Yen *et al.*, 2011, Zang *et al.*, 2013) causing major impacts if there is no sustainable change in the production process.

Despite the difficulties of introducing new materials in the construction industry to be characterized as a traditional sector, discussions and the needs around sustainability drives the changes in the production process of Portland cement with the deployment of waste as by-products in the promise of reducing environmental impacts in the emission of gases and contamination of the environment, consumption of raw materials, the costs with outlets and the enhancement of the qualities of concrete (Tsakkiridis *et al.*, 2004, Juenger *et al.*, 2011). Recent studies have demonstrated that the use of industrial waste as raw material, bring economic benefits, technological, environmental, and the civil construction industry a potential for receiving various types of waste (Ribeiro *et al.*, 2011, Pontikes & Angelopoulos, 2013).

The cement industry in order to contribute to the sustainable development has assumed major challenges in improving waste management operations (Shi *et al.*, 2011). An example of this advance was the creation, in the late 1990's, by the main companies of cement, Cement Sustainability Initiative (CSI), composed of members of the Program World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), in order to identify and explore sustainable actions in the cement industry (Schneider *et al.*, 2011, Supino *et al.*, 2016). The producers of cement moved to review the methods and materials for the production of cement began to search for studies for introduction of new raw materials more economical and abundant (Yen *et al.*, 2011).

In this context, the large volume of industrial waste deposited in landfills, as a result of industrial growth and urbanization, emerges as shaft to replace the natural raw material in the production of Portland cement contributes to reduction of environmental impacts in both industries (Metha, 2001, Neeraj, 2011). It is observed that many of these materials industries have undesirable in its composition significant levels of inorganic materials, such as oxides of silica and aluminum that in appropriate mixtures can be used in the production of Portland cement by improving their physical characteristics and mechanical properties

as the workability and resistance and next to that contribute to reducing the environmental impacts of the cement industry to Environment (Tsakkiridis *et al.*, 2004, Neeraj, 2011).

The introduction of industrial waste in production and substitution of cement has three sustainable basis, not only helping in reducing the use of natural raw materials and the recycling of waste from other industries, as well as, contributing to a reduction in CO₂ emissions and energy consumption to reduce the firing time of the clinker (Zhang *et al.*, 2013, Aliabdo *et al.*, 2014).

The objective of this study is to promote a literature review of promising approaches published for introduction of industrial waste for adding or partial replacement of Portland cement. The analyzes were concentrated in the residues of the aluminum industry - the red mud and in the processing of ornamental stones of marble and granite, due to the high volume in disposal of waste in these industries in the production steps, exposing the technical, environmental and mechanical when it incorporates waste in the cement industry.

2. OVERVIEW OF CEMENT PRODUCTION

It estimated that every year the ratio between the production of concrete per person in the world reaches 1m³ (Akalin, 2014). Portland cement is the main hydraulic components for the production of concrete containing 12% of the material in its composition that means approximately 1.6 billion tons of cement consumed by industry of the concrete in the world (Mehta, 2002). The production of cement in dry process (greater spread) is basically the process of crushing, grinding, drying and mixing of limestone and clay, rich in silica (SiO₂), calcium (CaO), aluminum (Al) and iron oxide (Fe₂O₃) forming a raw flour. This flour is brought to a rotary kiln to 1450°C formed a hydraulic material cementitious called clinker. The clinker cooled and added to a small portion of plaster (approx 5%) and other additives forming the cement (WBCSDa, 2009, Usón *et al.*, 2013).

The average percentages of the composition of the clinker shown in table 1 are the basis to be reached by alternative raw materials to be added.

Table 1. The chemical composition of the clinker in the dry process.

Composto	%
CaO	65 (+- 3)
SiO ₂	21 (+-2)
Al ₂ O ₃	5 (+- 1,5)
FeO ₃	3 (+-1)

Source: Madloul *et al.* (2011), Usón *et al.* (2013).

3. ANALYSIS OF INDUSTRIAL WASTE

This study presents the industrial waste produced, deposited in landfills, with a considerable degree of environmental impact, emphasizing the red mud and debris of marble and granite.

3.1. Generation and characterization of residual bauxite (red mud)

The industry of iron ore producer of aluminum and alumina deposits worldwide, approximately 66 million tons of waste, known as red mud (Tsakiridis *et al.*, 2011, Zhanga *et al.*, 2011). The red mud is discarded during the process of Bayer, the mixture of bauxite with sodium hydroxide, in ratio of about 1,0T to 1,6T of mud per ton of aluminum produced (Tsakiridis *et al.*, 2004, Ribeiro *et al.*, 2011, Zhanga *et al.*, 2011).

Has the physical characteristics such as fine particles (<10µm), high specific surface (13-22m²/g), release of OH⁻ ions in the mix with water, high rate of alcanilidade (10 - 13,5 pH) that can impact the environment requiring forms of restricted discard (Ribeiro *et al.*, 2011, Senff *et al.*, 2011). The residue is pumped into holding tanks, where they are deposited in large dams with areas of approximately 200 acres, in which occurs the natural sedimentation of the solid phase (Silva Filho *et al.*, 2007, Wanchao *et al.*, 2014).

The application of bauxite residue in addition or partial replacement of cement emerges as a possibility for exploratory analysis, as presented in item 4.1. The methods to incorporate this residue can occur in two ways: in flour raw or as a hydraulic material or pozzolanic. In flour raw, it is usual to source of Fe and Al and the final product may be Portland cement, or other type of cement compound with the addition of the residue. As material applied hydraulics in a matrices cementitious, the bauxite residue becomes a reactive component, may develop pozzolanic reactions (Pontikes & Angelopoulos, 2013).

The chemical composition of red mud varies according to the nature of bauxite and technological processes in each industrial process (Tsakiridis *et al.*, 2004, Silva Filho *et al.*, 2007, Ribeiro *et al.*, 2011, Senff *et al.*, 2011, Pontikes & Angelopoulos, 2013). The chemical composition of the residue consists mainly of Fe₂O₃, Al₂O₃, TiO₂, SiO₂, CaO and Na₂O as shown in table 2.

Table 2. Chemical composition of waste red mud

Compost %	(Tsakiridis <i>et al.</i> , 2004)	(Ribeiro <i>et al.</i> , 2010)	(Zhanga <i>et al.</i> , 2011)
SiO ₂	6,8	14,34	18,0
Al ₂ O ₃	19,95	19,87	6,31
FeO ₃	40,8	19,85	12,38
CaO	12,6	4,61	35,09
MgO	0,2	0,21	1,13
K ₂ O	0,14	1,87	0,45
Na ₂ O	2,7	7,35	2,71
LOI	10,54	27,2	20,07
SO ₃	0,58	-	0,54
TiO ₂	5,8	2,66	3,32

3.2. Generation and characterization of waste processing plants of ornamental stones (marble and granite)

Many countries such as India, Egypt, Brazil, Italy and Spain have different processing industries in marble and granite scattered throughout your territory. Mashaly *et al.* (2016) point with the most important industrial activity in the whole economy in the world. Due process of disposing of waste at different stages the industries of marble and granite contribute significantly in environmental problems (Aliabdo *et al.*, 2014).

The figures on the amount of disposal in landfills are alarming. In India, for example, about 6 thousand tons/year of waste from the dust of marble from the processes of unfolding, polishing, cutting and finishing are discarded (Aliabdo *et al.*, 2014). In Brazil, this amount is 190 thousand tons/year of mud of ornamental stones - marble and granite (Barcaji *et al.*, 2013).

The process of milling especially in the sawdust from the plates, which is usually done by looms, 20 to 30% of mass of the block is converted into mud and deposited in landfills (Barcaji *et al.*, 2013, Mashaly *et al.*, 2016).

The residues of the industry of marble and granite can be characterized as material type fillers or pozzolanic, which will be determined as testing. The chemical composition of the waste is characterized by presenting high content of CaO (marble) or SiO₂ (granite) as shown in table 3 (Neeraj, 2012, Aliabdo *et al.*, 2014). These compositions indicate that there is a potential applicability of these residues in cementitious arrays, either in addition or in partial replacement of Portland cement.

Table 3. The chemical composition of the waste of marble and granite

Compost %	Residue of marble (Aruntas <i>et al.</i> , 2010)	Residue of marble (Neeraj, 2012)	Residues of marble and granite (Barcaji <i>et al.</i> , 2013)			Residue of marble (Aliabdo <i>et al.</i> , 2014)	Residue of marble (Mashaly <i>et al.</i> , 2016)
SiO ₂	0,67	3,01	58,67	54,62	54,1	1,12	0,15
Al ₂ O ₃	0,12	1,9	11,26	9,7	10,28	0,73	0,10
Fe ₂ O ₃	0,08	0,8	7,59	5,86	7,26	0,05	0,04
CaO	54,43	30,8	6,13	12,99	11,27	83,22	55,32
MgO	0,59	19,27	2,96	3,22	1,72	0,52	0,11
K ₂ O	-	-	2,9	0,35	3,94	0,09	0,01
Na ₂ O	0,14	-	2,74	2,15	2,84	1,12	0,07
LOI	43,4	40,4	5,99	9,57	7,84	2,5	43,40
SO ₃	-	-	0,04	0,02	0,02	0,56	0,13
CaSO ₄	-	-	0,07	0,03	0,03	-	-

4. ANALYSIS OF THE INTRODUCTION OF WASTE

This review was conducted an analysis of the study of some papers presented in tables 2 and 3, on top of your goals, experiments and conclusions. It is possible to observe the variability of forms of introduction of waste, either in the composition of the clinker, the replacement of cement, and/or in compositions with other waste.

4.1. Analysis of the use of the residue of red mud

Tsakiridis *et al.* (2004), Investigated the possibility of using the waste red mud with substitution of 3.5% as raw material for the production of clinker in cement Portland, interrupting the hydration at ages 2, 7, 28 and 90 days.

The results presented showed that the incorporation of residue remained the main characteristics of the clinker, there was no change in their mineralogical composition and neither changes in the processes of hydration. In addition to occur an increase in compressive strengths. In this way, the authors conclude that the residue of red mud from the process of manufacturing of aluminum can be used as a raw material in the production of Portland cement contributing to the reduction of the cost of the process.

Ribeiro *et al.* (2010), studied the influence of the addition of red mud on the characteristics of the mortar of cement, without thermal treatment of waste, by replacing 50% of the content of cement per residue.

The results of chemical analyzes and mineralogy as well as electron microscopy showed that the use of red mud did not affect the mineralogical characteristics of the clinker of Portland cement. However, the mechanical resistance had a fall to the extent that increased the percentage of addition of red mud, but still suitable for applications not structural. The non-thermal treatment of waste required less energy and time (Ribeiro *et al.*, 2010) making the process more sustainable.

Zhanga *et al.* (2011) based on investigations on the techniques of thermal activation of the red mud to evaluate the feasibility of mixtures of red mud derived from the method of roasting of bauxite with other industrial waste for use as a material cementitious. Working with maximum of 30% of red mud-burned, 21% of slag from blast furnace, 10% of fly ash, 30% of clinker, 8% of plaster and 1% other agents, working with a water/cement of 0.50 with ages tests to results the compression resistance of 1, 3, 7 and 28 days.

The results presented here confirm the usefulness of the mixture based on physical and mechanical properties, the products of hydration predominate observed were the crystals of ettringite and gel of calcium silicate hydrate (C-S-H) amorphous, responsible for the development of resistance in the initial stage of hydration. The objective of this study was to evaluate the replacement of up to 61% of the raw materials for the production of cement, mitigating environmental pollution and reducing the cost in the production of cement (Zhanga *et al.*, 2011).

4.2. Analysis of the use of the residue of marble and granite

Aruntas *et al.* (2010), proposed the research for the use of residual dust of marble as an additive in step of grinding of clinker in the production of Portland cement compound, determining its performance. The levels presented in addition vary from 2.5%, 5.0%, 7.5% and 10% with ages for the test of resistance to compression of 7, 28 and 90 days. The results presented by Aruntas *et al.*, (2010), show that in all ages the in compressive strength has increased, in its analysis the value great for adding residue is of 10%, which reduces 7.5% the amount of clinker, reducing the cost of production and the impacts to the environment.

Neeraj (2012) performed a comparative study between the residues of dust of marble - nonpozzolanic, and rice husk ash - pozzolanic, as mineral additions in common cement Portland, analyzing the characteristics of time of setting and compressive strength. The additions with other minerals were made in the levels of 20%, 40% and 60% of dust of marble and 10%, 20% and 30% of rice husk with respect water/cement ranging from 0.30 to 0.38 with ages of testing for resistance to compression of 1, 3, 7, 28, 90, 180 and 360 days.

The results of the samples with mixtures of the residue of marble floor showed that adding influence on behavior, functioning as an accelerator of hydration. As for the mechanical properties, the incorporation of the residue decreased the resistance as the increase in the percentage of addition. This is due to a concentration of CaO, who did not participate in the process of hydration, because it acts as fillers. The author concludes as percentage great increase of 20% in mineral mixtures of residues of dust of marble and 20% of residues of rice husk to the development of Portland cement with a reduction in the use of natural resources and the final cost of the product (Neeraj, 2012).

Barcaji *et al.*, (2013), approach the chemical analysis and mechanical performance of the residue of marble and granite, through tests of resistance to compression, modulus of elasticity, water absorption and particle size distribution, in compositions in replacement of Portland cement and its effect on the performance of the concrete. The levels of replacing ranged between 5% and 10% and 20% with respect water/cement from 0.50 to 0.65 and ages tests of 7, 21 and 28 days.

According to the authors, the residues of marble and granite analyzed have not pozzolanic, working as fillers, leading to a reduction in the resistance to compression and modulus of elasticity, affecting the compression ratio of the folder with the household. Through consistency tests showed an improvement in the workability of the material with the addition of the residue and an increase of around 0.9% in the absorption of water. Despite the decrease in resistance the authors claim that can be used containing great for adding 5% by presenting a lower impact on the mechanical properties and rheological properties, and be a model promising in sustainable issues (Barcaji *et al.*, 2013).

Aliabdo *et al.* (2014) investigated the possibility of using waste of mud from processing of marble as fat replacement in cement and in a second step for replacing the cement or sand in the production of concrete. The relations of replacing studied were 0.0%, 5.0%, 7.5%, 10.0% and 15% by weight. The ratio of water to cement or reason (a/c) were 0.50 and 0.40 in the case of replacing cement. Were investigated the physical, mechanical and chemical properties.

As a result they obtained that substitution of residue in the cement little influence in settings of the start and end time to handle, however influence in increasing the compression force and the production of a concrete less porous, having a great replacing dust of marble in the cement and sand up to 15% affecting positively the characteristics of concrete. Aliabdo *et al.* (2014) at the end of the experiment concluded that the use of the dust of marble for a surrogate for seating in the concrete has most significant effect on the mechanical properties of concrete.

Mashaly *et al.* (2016) studied the use of residues from the mud of processing of marble as a substitute of cement to 40% and evaluated the production of blocks of paving of concrete.

The proportions were 0%, 10%, 20%, 30% and 40%. Studies conducted mineralogical, physical and mechanical properties of both fresh concrete and hardened. Were determined 3, 7 and 28 days of curing the composite of cement and 28 days for concrete products.

The results showed that the introduction of residual dust of marble enhance the physical and mechanical properties of the materials cementitious, arriving at a great replacement of up to 20% of the mud of marble. They observed a reduction in water absorption, increased density of concrete, improvement in compressive strength and abrasion resistance increased (Mashaly *et al.*, 2016).

5. CONCLUSION

The analysis of the studies presented show that both add as a substitution of residue in a matrices cementitious promote physical improvements and chemical compounds, related to increased resistance, decrease in the levels of water absorption and porosity, and the increase of the density and resistance to abrasion.

The residues identified by authors with characteristics for pozzolanic activities obtained better results in physical and chemical analyzes, in relation to the waste considered not pozzolanic, indeed fillers.

However, due to variability in the chemical composition of the waste as production process and place of landfill, the standardization in relation to percentage great is hindered, being observed values of adding and replacing non-uniform.

Studies to identify the percentage great to be added or replaced of the residue in the manufacturing process of the cement has great relevance and succinctly the exploratory studies in this line, seen identify and support what is being researched and found at matrices cementitious.

There is a need for dissemination of studies of red mud and residues of marble and granite in composition of production or replacement of Portland cement, in order to analyze all or possible ways to chemical, physical, environmental and economic benefits for this type of addition.

As well as the need for studies that lead the connection between the additions and partial replacements of types of industrial waste in Portland cement with a real reduction in economic terms and levels of environmental impacts in order to advance in subsequent steps of commercial introduction of the residue in the production of cement and concrete.

The occurrences of substitution of residue in the production process of Portland cement, from the perspective of sustainability, is more powerful that the application of the residue as addition or partial replacement of cement, by virtue of the reduction of the emission of CO₂, by allowing the reduction of burning time by reducing the consumption of raw material and reduce the cost of production.

REFERENCES

Akalin O. 2014. Eco-Cement Optimization Using Statistical Mixture Design Method. *AC I materials Journal* 111: 391-398.

- Aliabdo A. A., Elmoaty M. A., Elmoaty A., Auda E. M. 2014. Re-use of waste marble dust in the production of cement and concrete. *Construction and Building Materials* 50: 28–41.
- Aruntas H., Guru M., Dayi M., Tekin I. 2010. Utilization of waste marble dust as an additive in cement production. *Materials and Design* 31: 4039–4042.
- Bacarji E., Toledo Filho R.D., Koenders E.A.B., Figueiredo E.P., Lopes J.L.M.P. 2013. Sustainability perspective of marble and granite residues as concrete fillers. *Construction and Building Materials* 45: 1–10
- Battagin F.A. 2011. Cimento Portland. *Concreto: ciência e tecnologia* 1: 184 – 231.
- Fujii A.L., Torres D.R., Romano R.C.O., Cincotto M. A., Pileggi R.G. 2015. Impact of superplasticizer on the hardening of slag Portland cement blended with red mud. *Construction and Building Materials* 101: 432–439
- Juenger M.C.G., Winnefeld F., Provis J.L., Ideker J.H. 2011. Advances in alternative cementitious binders. *Cement and Concrete research* 41: 1232-1243.
- Madloola N.A., Saidura R., Hossaina M.S., Rahimb N.A. 2011. A critical review on energy use and savings in the cement industries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15: 2042–2060.
- Manfroi E.P., Cheriaf M., Rocha J.C. 2014. Microstructure, mineralogy and environmental evaluation of cementitious composites produced with red mud waste. *Construction and Building Materials* 67: 29–36
- Mashaly A.O., El-Kaliouby B.A., Shalaby B.N., Gohary A.M., Rashwan M.A. (2016). Effects of marble sludge incorporation on the properties of cement composites and concrete paving blocks. *Journal of Cleaner Production* 112: 731-741.
- Mehta P.K. 2002. Greening of the concrete industry for sustainable development. *Concrete International* 24: 23–8.
- Neeraj J. 2012. Effect of nonpozzolanic and pozzolanic mineral admixtures on the hydration behavior of ordinary Portland cement. *Construction and Building Materials* 27: 39–44.
- Pontikesa Y., Angelopoulos G.N. 2013. Bauxite residue in cement and cementitious applications: Current status and a possible way forward. *Resources, Conservation and Recycling* 73: 53– 63.
- Ribeiro D.V., Labrincha J.A., Morellia M.R. 2011. Potential Use of Natural Red Mud as Pozzolan for Portland Cement. *Materials Research* 14(1): 60-66.
- Schneider M., Romer M., Tschudin M., Bolio H. 2011. Sustainable cement production—present and future. *Cement and Concrete Research* 41: 642–650.
- Senff L., Hotza D., Labrincha J.A. 2011. Effect of red mud addition on the rheological behaviour and on hardened state characteristics of cement mortars. *Construction and Building Materials* 25: 163–170.
- Shi C., Jiménez F., Palomo A. 2011. New cements for the 21st century: The pursuit of an alternative to Portland cement. *Cement and Concrete Research* 41: 750–763.
- Silva Filho, E. B.; Alves, M. C. M.; Da Motta, M. 2007. Lama vermelha da indústria de beneficiamento de alumina: produção, características, disposição e aplicações alternativas. *Revista Matéria* 12 (2): 322 – 338.
- Supino S., Malandrino O., Testa M., Sica D. 2016. Sustainability in the EU cement industry: the Italian and German experiences. *Journal of Cleaner Production* 112: 430 - 442.
- Tsakiridis P.E., Agatzini-Leonardou S., Oustadakis P. 2004. Red mud addition in the raw meal for the production of Portland cement clinker. *Journal of Hazardous Materials B116*: 103–110.
- WBCSDa. 2009. The Cement Sustainability Initiative: Recycling Concrete. www.wbcsd.org
- WBCSDb. 2009. Cement Technology Roadmap 2009: Carbon emissions reductions up to 2050. www.wbcsd.org
- Wanchao L., Xiangqing C., Wangxing L., Yanfen Y., Kun Y. 2014. Environmental assessment, management and utilization of red mud in China. *Journal of Cleaner Production* 84: 606 – 610.
- Usón A.A., Sabiron A.M.L., Ferreira G., Sastresa E.L. 2013. Uses of alternative fuel sand raw materials in the cement industry as sustainable waste management options. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 23: 242–260.
- Yen C.L., Tseng D., Lin T. 2011. Characterization of eco-cement paste produced from waste sludges. *Chemosphere* 84: 220–226.
- Zhang T., Gao P., Wei J., Yu Q. 2013. Effectiveness of novel and traditional methods to incorporate industrial wastes in cementitious materials—An overview. *Resources, Conservation and Recycling* 74: 134 – 143.

Zhanga N., Liub X., Sunc H., Li L. 2011. Evaluation of blends bauxite-calcination-method red mud with other industrial wastes as a cementitious material: Properties and hydration characteristics. *Journal of Hazardous Materials* 185: 329–335.



Characterization and Thermal Performance of a Compressed Earth Construction System for Improving Comfort and Achieving Energy Savings

José Roberto García Chávez

Metropolitan Autonomous University, Graduate Programme. Mexico City, Mexico
joserobertogsol@gmail.com

Luis Guerrero

Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco. Mexico City, Mexico
luisfg1960@yahoo.es

Gabriel Morales

Metropolitan Autonomous University. Mexico City, Mexico
gabriel_gala12@hotmail.com

ABSTRACT: Earth has been used historically as a construction material in various regions and cultures for thousands of years. The primitive earth structures consisted mainly of simple wooden frames covered with mud. Earth constructions are usually built in locations where other construction materials are relatively scarce. The process of its fabrications consists of sun-dried mud or adobe bricks with organic material and sometimes require stabilization using lime, cement or sand. A variation of a typical adobe construction is by using compressed earth and straw, and this process can change the material's nature and physical properties, among other features. The objective of this research is to characterize an experimental prototype built with a manually compressed poured earth construction system (MPE) and compared with a conventional industrialized system (CIS). The dimensions of the two prototypes are 3 meters length, 3 meters width, and 2.40 meters height. Important advantages of the earth prototype investigated included its low ecological footprint, low embodied energy and low cost. Then results showed that the MPE presented better thermal performance than the CIS and the economic analysis proved that the MPE prototype has a low-cost to construct relative to the CIS. Likewise, the sustainable analysis realized demonstrated that MPE is a prototype with high potential for implementation in communities aimed at achieving a nearly zero environmental impact. It is expected that the results of this research can be served as a demonstrative example and be applied to generate a multiple effect in other similar regions and that this approach can improve the environment and the quality of living.

Keywords *Thermal comfort, low-cost housing, earth construction, energy savings, sustainability.*

1. INTRODUCTION

Earth has been used as building material since early times in history. Certainly, earth is one of man's oldest building materials and most ancient civilizations used it to some extent and in a wide variety of applications, frequently in relationship and harmony with the local climatic conditions. It is a construction material easily available, cheap, strong and required only simple technology. It also has a good thermal mass or thermal inertia properties, which makes it ideal to be used as modulator of the temperature differential between the exterior and interior of a building. For example, in Egypt the grain stores of Ramasseum built in adobe in 1300 BC still exist; the Great Wall of China has sections built in rammed earth constructed over 2000 years ago. Other successful examples of earth buildings can be found in Iran, India, Nepal, Yemen, Alhambra, among others, which have examples of ancient cities and large buildings built in various forms of earthen construction (Figures 1, 2). It is worth mentioning that earth wall constructions have more heat capacity and thermal inertia and lower conductivity than concrete walls. The earliest permanent dwellings yet discovered are found in the Middle East, China, and the Indus Valley. Jericho, which dates back from 8300 B.C., is the earliest city in the world with constructions made of earth. As early as 11, 000 year ago, the Jericho inhabitants built their dwellings made of oval, hand- formed, sun-dried brick using wooden moulds. Incidentally, the word "adobe" comes from the Arab word "toub", which means brick. Other historical application of rammed earth are found in Caral, Perú, the oldest city in America (3000 BJ); the Great Pyramid of Cholula, Puebla, Mexico (700 AJ), which is the world's most voluminous pyramid; the Prehistoric City of Paquimé in Chihuahua, Mexico (1200 AJ) had up to four stories totally built of earth (Figures 3, 4 and 5). The Djenné Mesquite is the largest adobe building with its original use, built from 1180 to 1330) It was declared World Heritage by the UNESCO in 1988 (Figure 6).

Figure 1. Great Wall of China. Some sections Built of rammed earth. Construction began around 220 B



Figure 2. View of the City of Shibam Yemen. Multi-story natural earth high rise buildings 500 year old. The oldest skyscraper in the world. UNESCO World Heritage from 1982



It is noteworthy that the oldest remaining examples of this building form using earth as the main construction material are in located in hot arid areas of the world. The strength of unstabilised earth walls comes from the bonding effect of dried clay. If the structures don not have a suitable water protection systems integrated, they might be wet and the structural strength can be lost and the construction can be eroded and fail. However, different countries have approaches and corrective alternatives to solve and avoid this problem.

Figure 3. Caral City, Perú (3000 BJ).
The oldest city in America



Figure 4. The world's most voluminous pyramid made of adobe. Cholula, Puebla, Mexico (700 AJ)



Figure 5. City of Paquimé. Chihuahua, Mexico. The world's most voluminous (1200 AJ). Earth buildings up to five stories Made of earth



Figure 6. Djenné Mesquite, Mali. The largest building made of earth with its original use today (1240 AJ)



2. IMPORTANCE OF THERMO PHYSICAL PROPERTIES OF EARTH

The thermal-physical properties of earth are useful for application in buildings, particularly if they are located in climatic regions with large temperature swings. The time delay due to the thermal mass of the earth is known as a time lag. The thicker and more resistive the material, the longer it will take for heat waves to pass through. The reduction in cyclical temperature on the inside surface relative to the outside surface is known as the decrement factor, that is the ratio of maximum indoor temperature to maximum external temperature. Thus, a material with a decrement value of 0.5 which experiences a 20 K diurnal variation in external surface temperature would experience only a 10 K variation in internal surface temperature. Due to these properties, the use of earth is suitable alternative, particularly in climatic region which temperature swings are above 10K. Therefore, the use of the thermal properties of earth is a suitable passive cooling and heating strategy to contribute to provide thermal comfort conditions to building's occupants (García Chávez, 2013, 2015)

3. USING EARTH AS SELF-CONSTRUCTION MATERIAL FOR LOW-COST HOUSING

Earth has been used as self-construction system through the empirical knowledge and technology transfer developed over generations in different climatic regions of the world.

In Mexico, the use of earth for self-construction has been a valuable approach to reduce the house deficit.

However, there have been a number of misconceptions that have prevented to widely promote and apply their advantages. At present 63% of dwelling are built with self- construction in the country. Nevertheless, most of the houses are built with cement and concrete as well as stainless steel bars, as the basic construction materials. Currently, 90% of housing construction in the country based its construction in cement and concrete, particularly in the walls, the use of concrete blocks is widely extended in the Mexico. Nonetheless, this use involves a high energy consumption and huge emission of CO₂ and other greenhouse gasses (GHG) to the atmosphere, provoking a severe environmental damage at global levels and the distortion of our natural balance resulting in destructive effects in the planet such as the global warming and climate change, deforestation, ozone layer destruction, among others (IPCC, 2014). Therefore, it is important to find alternatives to this situation and the use of earth for the construction of houses and buildings becomes a promising alternative to solve this problem and its consequences.

3.1 The Role of the Building Envelope Relative to the Local Climate Conditions

Nowadays, most modern buildings incorporate architectural styles and materials that ignore the local climate as well as its cultural and traditional factors. This is the predominant case of many contemporary buildings located in different climate regions. As a result, such buildings are highly dependent on mechanical and electrical systems to control the indoor environment. This situation causes the consumption of large quantities of energy and thus high running costs for both artificial lighting and air-conditioning systems (AC), associated with problems of occupants' discomfort, both hygrothermal and visual, among others. Therefore, the climate plays an important role in the performance of a building and it is crucial the strategies selected from the conceptual stage of the design to the construction, such as orientation, solar control and natural ventilation, among others. Under this approach, the envelope of the buildings plays a fundamental role, and the use of earth in walls can provide significant benefits and advantages to achieve indoor hygrothermal comfort conditions of the occupants and to reduce the energy consumption for the climatization of the architectural spaces.

4. OBJECTIVE OF THIS RESEARCH

The objective of this research is to analyse, evaluate and characterize an experimental prototype built with a manually compressed poured earth construction system (MCE) and compared it with a conventional industrialized system (CIS), aimed at demonstrating that the utilization of MCE system can offer better thermal, economic and environmental conditions than CIS. Previous studies have reported the benefits of using compacted poured earth as the basic material for low-cost housing (Guerrero et al, 2015; Gernot, 2006, 2012).

5. CASE STUDY PROTOTYPES

The case study of this research is located in a typical rural community in the State of Puebla, Mexico. The climate in this location is temperate with high diurnal and seasonal temperature swings, and an annual mean dry bulb temperature (DBT) of 15.7 °C; an annual minimum DBT of 10.3 °C; an annual maximum DBT of 21.1 °C (Figures 7 and 8). Annual rainfall in the location is 727.9 mm. Average annual solar irradiation is 623 Watts/m².

Figure 7. Annual Dry Bulb Temperatures

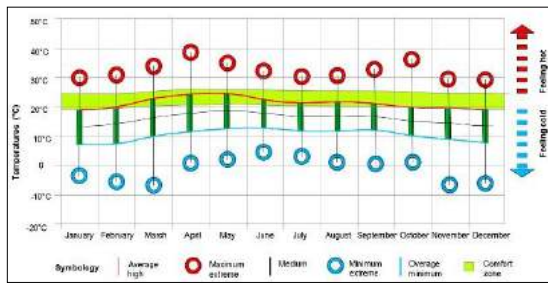
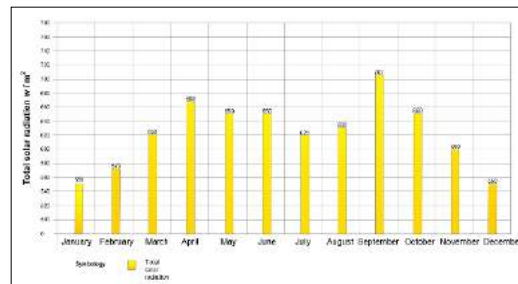


Figure 8. Annual Solar Irradiation



5.1 Construction Process of the Prototypes

The construction configuration of each the two prototypes consisted of the following dimensions: 3 meters long by 3 meters wide and 2.4 meters high. The aim was to evaluate the thermal performance of the MCE system relative to the CIS system. Both prototypes were made with the same thickness in walls (0.23 meters), same thickness in roofs (see construction system in Figures 11 and 12), with the same interior air volume; doors and windows. Therefore, the geometry and dimensions, position and materials were the same on both prototypes but the walls, which for the MCE were made of manually compressed poured earth and for the CIS, walls of conventional concrete blocks. Therefore, the only variable in both prototypes was the material of the walls. The construction process is shown in Figures 9, 10, 11, 12 and 13)

Figure 9. Construction process of the walls of concrete blocks



Figure 10. Construction process of the prototype with walls of manually compressed poured earth



Figure 11. Roof detail of CIS



Figure 12. Roof detail of MCE



Figure 13. View of the two prototypes completed



The construction of both prototypes was made with materials from the region, based on earth, and wood in roofs; and doors and windows, were also made of typical local materials, characterized to be very economical with important sustainable advantages and low energy embedded properties.

6. METHODOLOGY AND DEVELOPMENT OF THE EXPERIMENTAL WORK

The methodology of this work consisted of construction of the two prototypes with highly controlled procedure so that both had the same physical characteristics with the only variable being the wall. The monitoring of the internal temperatures and relative humidities took place after one month so that the two prototypes were completely dry. There were two representative monitoring periods, during the underheating, from April 10 to April 29, 2016 and the overheating, from May 29 to June 3, 2016. Six data loggers were placed in each of the two prototypes, five to register surface temperatures of each orientation (north, east, south and west), and the ceiling, and one for ambient temperatures in the middle of the experimental spaces. Intervals were at 30 minutes. During these monitoring periods the two prototypes were closed with practically no air changes (Figures 14 and 15). External temperatures were also recorded concurrently with the monitoring of the two prototypes.

Furthermore, questionnaires were applied to a representative group of people to determine their perception of the thermal comfort conditions inside the two prototypes.

Figure 14. View of data logger to measure surface surface temperatures



Figure 15. View of data logger to temperatures measure on the timber ceiling



7. ANALYSIS OF RESULTS AND INTERPRETATION

During a typical overheating day (April 12, 2016) with a maximum external temperature of 28.5°C and a minimal external temperature of 18.5°C, that is a 10 K temperature swings, the MCE had a minimum dry bulb temperature (DBT) of 20°C and a maximum of 26°C, then the time lag was 3.5 hours, with a decrement factor of 0.91, whereas the CIS had a minimum DBT of 20.5°C and a maximum DBT of 26°C (Figure 16). Although the time lag of both prototypes was similar during the hours of lower external temperatures, the ambient temperature in the MCE were higher than in the CIS and lower during the hours with higher temperatures.

Figure 16. Thermal performance of MCE and CIS prototypes

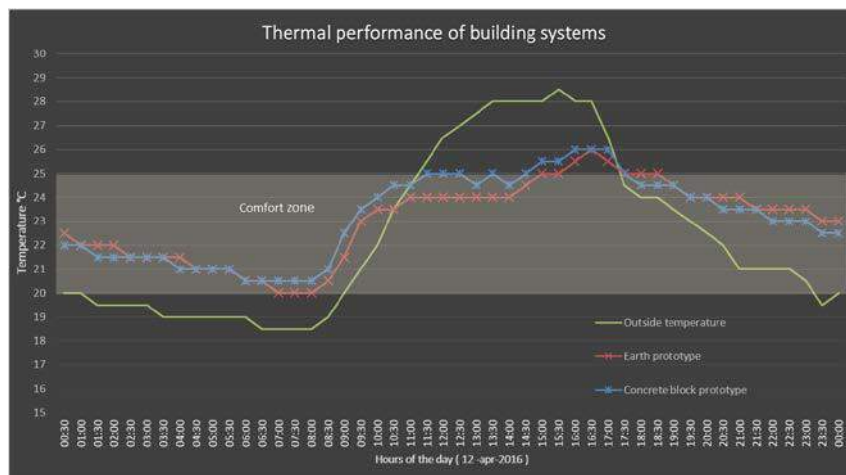
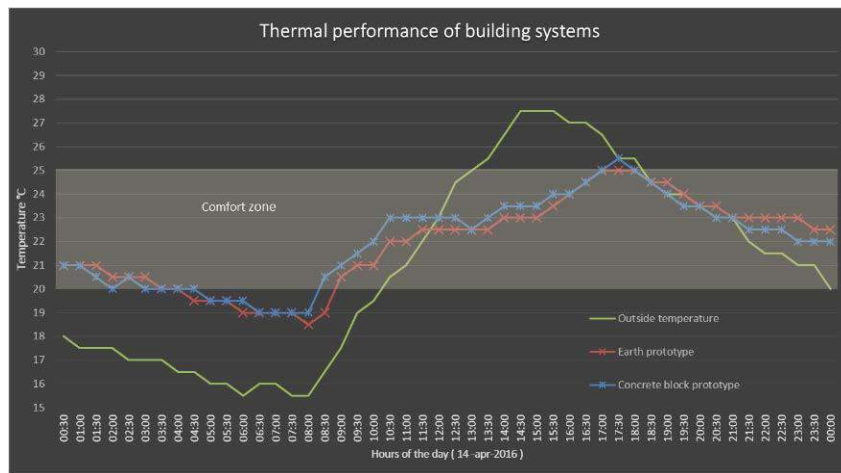
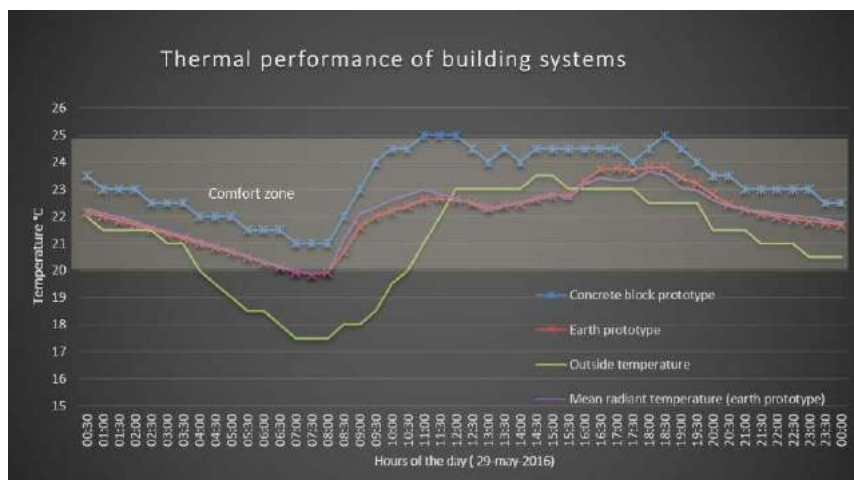


Figure 17. Thermal performance of MCE and CIS prototypes



The thermal performance of the MCE relative to CIS systems is shown in Figure 17, with a maximum external temperature of 27.5°C and a minimal external temperature of 15.5°C, that is a 12 K temperature swings, the MCE had a minimum DBT temperature of 18.5°C and a maximum DBT of 25°C, then the time lag was 3.5 hours, with a decrement factor of 0.90, whereas the CIS had a minimum DBT of 19°C and a maximum DBT of 25.5°C (Figure 17). In this case, the same situation as in the previous case can be observed as the time lag of both prototypes was rather similar during the hours of lower external temperatures, the ambient temperature in the MCE were higher than in the CIS and lower during the hours with higher temperatures. This situation reveals that the MCE prototype has a better thermal comfort than CIS system. It is worth mentioning that the application of questionnaires has shown that most of the thirty people who participated entering in both prototypes perceived the indoor conditions of the MCE experimental prototype as more comfortable under overheating and underheating conditions relative to the CIS prototype.

Figure 18. Thermal performance of MCE and CIS prototypes with radiant temperatures



During the last stage of the experimental work, the indoor radiant globe temperatures (RGT) were recorded concurrently with the ambient dry bulb temperature in the MCE prototype, using a digital globe thermometer. Figure 18 shows that a maximum external temperature of 23.5 °C and a minimal external temperature of 17.5°C, that is a 6 K temperature swings, the MCE had a minimum DBT temperature of 18.5°C and a maximum DBT of 25°C, then the time

lag was 6 hours, with a decrement factor of 1, whereas the CIS had a minimum DBT of 21°C and a maximum DBT of 25°C (Figure 17). In this case, the same situation as in the previous case can be observed as the time lag of both prototypes was rather similar during the hours of lower external temperatures, the ambient temperature in the MCE were higher than in the CIS and lower during the hours with higher temperatures. However, it is significant to notice that the RGT recorded followed the DBT during the hours after midnight up to 8 am when the later increased until midday, then both temperatures were similar until 3:30 pm where RGT started to be lower until 5 hours later, that is, 8:30 pm, then both temperatures had similar behavior until midnight. It is important to clarify that the civil time in the location is 1 hour and 36 minutes ahead the solar time, this is the reason why the occurrence of the maximum and minimum temperature conditions reported in both prototypes have a time offset of that period of time.

As to the results of the RGT relative to the DBT in the MCE prototype, it is clear that the radiant temperature is more closely related to the perception of occupant's thermal comfort in the MCE relative to the CIS prototype. Other studies have shown that human body is more sensible to mean radiant temperature than to dry bulb temperatures. This situation also demonstrated that the MCE prototype has a better thermal comfort perception than the CIS prototype. Furthermore, the application of the questionnaires has also shown that, most of the thirty people who participated entering in both prototypes perceived the indoor conditions of the MCE experimental prototype as more comfortable under overheating and underheating conditions relative to the CIS prototype.

8. ECONOMICAL ADVANTAGES AND BENEFITS OF THE MCE SYSTEM RELATIVE TO THE CIS

A cost analysis carried out for both prototypes have shown that the MCE is 40% cheaper than the CIS system, this is because the earth with which it is made was taken from the same construction place, therefore, had practically no cost, unlike the CIS, where the cost of each block carries the cost of manufacture, storage, transport and sale of each piece. Other items that increase the cost of CIS and make it more expensive compared to MCE, are the materials used for bonding the blocks and, besides, the construction time of this later is longer. It is also important to note that in this cost analysis the price of natural paint that was applied to both prototypes, was very low as the materials used included natural lime, nopal mucilage and water, widely abundant in the location. Furthermore, the expected better thermal performance and low environmental impact of MCE using earth, make it a more suitable bioclimatic and sustainable building alternative (Guerrero, 2014; Hall et al, 2012; Kwok et al, 2014). Besides, the by using the new available technology and optimized materials based on earth properly treated, modern buildings can be better built with a sustainable approach.

9. CONCLUSIONS

The earth used for the construction of the MCE prototype was taken directly from the same site where it was built, thus reducing the environmental impact and the ecological footprint relative to the CIS. From the economical point of view, the MCE prototype was 40 cheaper than the CIS one. Furthermore, earth is 100% recyclable and concrete used in blocks for the walls is not. Even though the thermal advantages of MCE compared to CIS prototype was not significant, its lower cost and environmental attributes make it a more suitable sustainable alternative. It is also important to mention that the position and thickness of the blocks used in the walls of prototype CIS are not found in most housing units in the country and these

conditions were chosen to have the same dimensions as the MCE prototype. It is expected that the results of this research work can be applied in locations either with temperate or with hot arid climate conditions as the larger the temperature swings of the site the more evident the benefits of utilizing the earth with its implicit thermal properties aimed at improving the indoor comfort conditions of building occupants as well as the environment, the economy and the quality of living.

REFERENCES

- García Chávez, J. R., Fernández, F. (2013). Application of Combined Passive Cooling and Passive Heating Techniques to Achieve Thermal Comfort in a Hot Dry Climate. Elsevier 2013 ISES Solar World Congress Energy Procedia.
- García Chávez, J. R., Fernández, F. (2015). Application of Passive Cooling and Passive Heating as Sustainable Environmental Strategies to Reduce the Energy Consumption in Buildings in Hot Dry Climates. CISBAT 2015 Proceedings.
- Gernot, M. (2006). Earth Construction Handbook: The Building Material. Earth in Modern Architecture. Wit Press.
- Gernot, M. (2012). Building with Earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture. Birkhauser; 3rd revised edition.
- Guerrero, L., Soria, J., García Chávez, J. R., Fernández, F. (2015). Comportamiento Térmico un Módulo Experimental Construido con Tierra Vertida Compactada en la Ciudad de México. Euro-Elecs 2015 Latin-American and European Conference on Sustainable Buildings and Communities. Proceedings, Guimaraes, Portugal.
- Guerrero Baca, L. (2014). Reutilización del Patrimonio Edificado en Adobe, México D.F.: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Hall, M., Lindsay, R., Karenoff, M. (2012). Modern Earth Buildings, Materials, Engineering, Constructions and Applications. A volume in Woodhead Publishing Series in Energy.
- IPCC Climate Change 2014 (2014). Synthesis Report. Summary for Policymakers. IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (Eds.). IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- Kwok, Alison G.; Grondzik, Walter T. (2014). The Green Studio Handbook. Environmental Strategies for Schematic Design (Third Ed.). 30 Corporate Drive, Suite 400, Burlington, MA 01803, USA: Architectural Press.
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). World Heritage Convention (2016). <http://whc.unesco.org/en/list/en/news/1049/en/list>.



Innovative skins and domotic systems: the technological design for residential buildings' energetic efficiency

Lucia Melchiorre

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

lucia.melchiorre@unina2.it

Antonella Della Cioppa

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

a.dellacioppa@hotmail.it

ABSTRACT: Comfort and efficiency needs require the realisation of "smart architectures" with a supervised energetic and environmental operations, consisting of dynamic skins: complex systems made up of blocks and filters able to adjust heat, solar radiation, air and vapour flows and also to convert the radiations in energy (heat energy and electricity).

The innovation works above all through the operations of management and control of the skins. Domotic systems, consisting of groups of sensors and computerized control unit, are able to adjust the orientation, the opening or the position of the elements of the façade to optimize the energetic efficiency of the building. Moreover, the technological integration and installation aims making building as a "living being", able to self-regulate to grant the comfort of the users, using exclusively renewable energy.

Some kinds of innovative building skin façades are: parametrical and photovoltaic façades, photocatalytic covers, self-cleaning systems treatments and façades with micro-algae.

This contribute shows the results of a research about the technological systems of façades adjusted by domotic systems, able to comply with more and more ambitious performing targets and more and more restrictive normative requirements, and it suggests a classification that joins traditional functions and innovative performances.

In particular, it is a technological project of a multilevel building placed in the mediterranean area, where the domotic system adjusts the air flows according to the external environmental conditions, reducing energetic consumptions and in the meanwhile contributing to satisfy the indoor comfort performances.

Keywords *Building skin, Domotic system, Technological design, Energetic efficiency*

1. INTRODUCTION

Either we speak about a curtain, or we speak about a heavy masonry building or made up of concrete or full of glass, the envelope has always played the function of repairing and protection from outdoors. To achieve performance goals imposed on European level for the construction of buildings with nearly zero energy level, the concept of the building envelope has been necessary transformed. In fact, it is turned from the concept of external protection (Passive system) into the regulator active element (Dynamic system).

Even if the discussion about the role of the mechanically controlled environmental systems was born in 1920, the major awareness about the influence generated from the building sector about energy consumption has taken place in 1960 in conjunction with the spread of the 'bioclimatic architecture' concept, and even more in 70s after the energetic crisis. However, we have to wait until 1990 for the full realization of innovative ideas about sustainable buildings envelopes from prestigious architect (Foster, Otto, Rogers and Piano), (Hawkes & Foster, 2002).

If you think that the building represents over the fourth percent of total energy consumption to which the building envelope gives a great contribution, it is also evident that energetic saving can be obtained through simple alteration in the façades systems. In fact, the need to try system of wall that can assure flexible energetic performances and adequate to the weather conditions and indoor wellness needs, have pushed the scientific world to render more strong technological search in this sector. There are often new specimen ration of innovative envelope systems in order to demonstrate how it is possible to adopt, for the vertical and horizontally surface of closures, thanks to which it is possible to manage and control passers flux with dynamic mechanism as if it was an "living organism". The evolution and the development of informatics control system, from home automation to the Building Management System (BMS), have allowed to transfer to the building scale the potentiality of system with artificial intelligence.

2. BUILDING FACADES

Intelligent architectures represent the last frontier of contemporary architectural research, which aims at proposing new dynamic envelope models able to contribute to the reduction of energy needs of buildings, making it strictly dependent from external climate - environmental conditions, and developing all those components that increase the ability to change the conformation in relation to the necessity to control the flux of thermal, bright and sound energy passing through it (Sala & Romano, 2011).

If the possibility of conventional façades to turn is managed by who occupies the building (for example by the simple opening of windows or the manual adjustment of shading devices), the intelligent façades, instead, can turn it-self through instinctive autonomous regulation (Wigginton & Harris, 2002).

Since the need of users and the climatic condition are variable, a performant façades cannot be conceived as static element but as dynamic dispositive able to adapt it-self to different conditions and respond to these changes. For this reason, the intelligent architecture can be defined as a kind of architecture that is able to reconfigure itself if it is

stimulated by the environment and users. The capacity to provide a dynamic response presupposes that the building is able to “know” the changes having inside and outside, "to choose" effective solution to give a comfortable environment for users, and "to react" according to this choice (Atkin, 1989).

Parametric façades, photovoltaic façades, photocatalytic envelopes, treatments for self-cleaning systems, façades systems with micro-algae, are only few types of innovative building envelope.

2.1 Definitions

Although the literature on the intelligent envelope is still lacking, there are many definitions about intelligent buildings e intelligence façades. It is difficult to find a single definition because each author highlights some factors compared with others. For this reason, in fact, is possible to identify four categories of definition about the intelligence of buildings, elaborated in relation to (Table 1):

- System and technology used
- Performances
- Users role
- Costs.

For example, the definitions based on the façade system, shows the main technological aspects used in the construction system, like the automation, system of control, communication and networking (Leifer, 1988).

Instead, a definition of sustainable and intelligent façade based on guaranteed performance, it will have to consider different performance criteria, for example solar protection, control of daylight and shielding systems, active control of air and ventilation, the use of renewable energy source, control of the quality of the internal air, adoption of passive design strategy, auto regulation of systems. Also the possibility to react in relation to the façades by users, is very important to define an intelligent envelope; in fact, these systems, allows to the users to replace the system according to personal preference, certainly, in condition that the replacement doesn't compromise building performances in general.

Table 1. Summary of Definitions_ Classification for Intelligence in Buildings (Source: MASRI, 2015)

System and technology used	<ul style="list-style-type: none"> - Integration of several resource management systems; - Focus on technological aspects; - Change to the configuration through informatization system; - Change of the building management system algorithms. 	Leifer 1988, Wong et al. 2008, Atkin 1989, Atkin and Brooks 2009
Performance	<ul style="list-style-type: none"> - Readjustment of the performance according to different internal and external conditions; - Algorithm modification based on environmental data; - Reports on the energy consumption of the building and the interaction of the occupants; - On the basis of feedback data. 	Wigginton and Harris 2002, Selkowitz 2001, Elkadi 2012, Masri 2015
The role of the users	<ul style="list-style-type: none"> - Adaptation to 'standards' of human comfort; - Possibility of human replacement; - User interaction with the system. 	Wang 2009, Clements-Croome 2011
Costs	<ul style="list-style-type: none"> - Maximizing investment and operation; - Life cycle approach; - Maximize productivity, and reduce costs. 	Smith 2002, Wong and So 2002

2.2 Dinamic building envelope: design and applications

Contemporaries convertible systems mainly refer to a climatic adaptability, characterized by the versatility of electronic devices and the lightness of building systems in order to have a lower energy expenditure and less time in turning. The extensible structures represent a type of extreme interest, as they allow different conditions of use and functional reconfigurations of various kinds.

It examines a number of examples of applications, not only contemporaries, about the concepts of intelligence, dynamism and responsiveness in architecture. It wants to be a demonstration of the strong interest and experimentation that characterized the architecture over the years, thanks to the strong interest that this research raises.

The examined study cases, are examples of different types of intelligent dynamic facades, identifiable in the following groupings (Table 2):

- Passive dynamic facades with integrated sensors
- Passive dynamic facades that use the materials properties
- Parametric dynamic facades with integration of sensors
- Active dynamic facades with integration of the energy production from renewable sources (photovoltaic or micro-algae).

Table 2. Best Practices of Dynamic Envelope

Facades category		Cases study	EQUIPMENT OF AUTOMATION SYSTEMS	MATERIAL REACTIVITY	ENERGY PRODUCTION FROM RENEWABLE SOURCES
Passive facades	dynamic with integrated sensors	- <i>Institut du Monde Arabe, Jean Nouvel</i> ; - <i>Campus of Justice in Madrid, Norman Foster.</i>	YES	NO	NO
Passive facades that used the materials properties	dynamic	- <i>Hygro-Skin Pavilion, Universität Stuttgart</i>	NO	YES	NO
Parametric facades	dynamic with integration of sensors	- <i>Al Bahar Towers in Abu Dhabi City, Aedas Architects</i>	YES	NO	NO
Active facades	dynamic with integration of the energy production from renewable sources (photovoltaic or micro-algae)	- <i>"Bio-adaptive faCade"- BIQ House, Arup</i>	YES	NO	YES

An emblematic example of "Dynamic Housing", which entered in technologically efficient architectural history, is the Institut du Monde Arabe, designed by Jean Nouvel, who was able to synthesize traditional Arab architectural elements in modern design that evokes the architecture of the Middle East. Main feature of the building is the system of metal panels on the south facade, well received by the client as it declines in a modern key an important element of the Arabic architecture - the mashrabiya - and it allows to maintain a constant amount of light transmitted inside.

This facade is provided with sensors placed on each panel, able to detect the quantity of light incident on it and, by means of a microcontroller, adjust the opening of the metal strip. With such a mechanism, which simulates the diaphragm of a camera, the entry of light in the environment is regulated (Fig. 1).

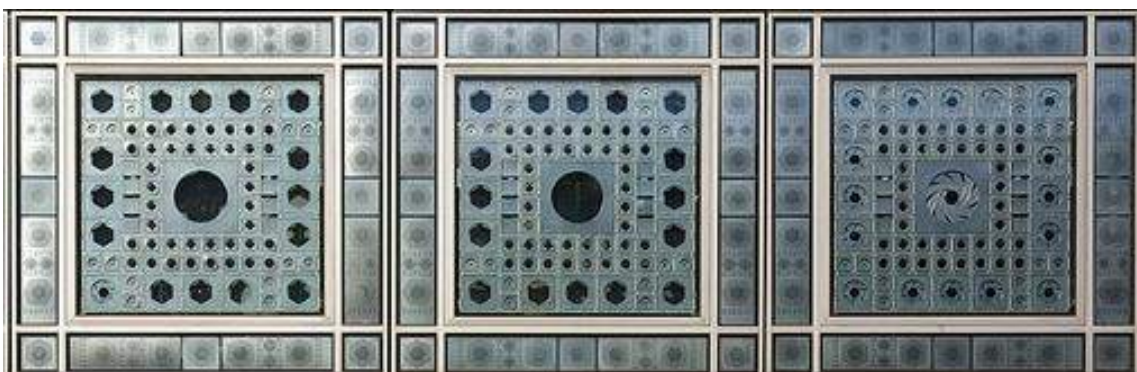


Figure 1. Institut du Monde Arabe. Source: <http://www.imarabe.org>

Another type of passive dynamic facade is the Hygro-Skin pavilion project, designed by the Stuttgart University. This example is very significant, because, while most of the research and applications of interactivity between architecture and the environment is based on the use of electronics applied to inert materials, this project uses the response ability of the material itself. In this particular case, in fact, it is used the wood hygroscopicity, in order to

realize a membrane able to open and close in response to weather changes, without any necessity of electrical energy or any kind of mechanical or electronic control. With this system, the structure of the material itself is the sensor, processor and also actuator (Fig. 2).

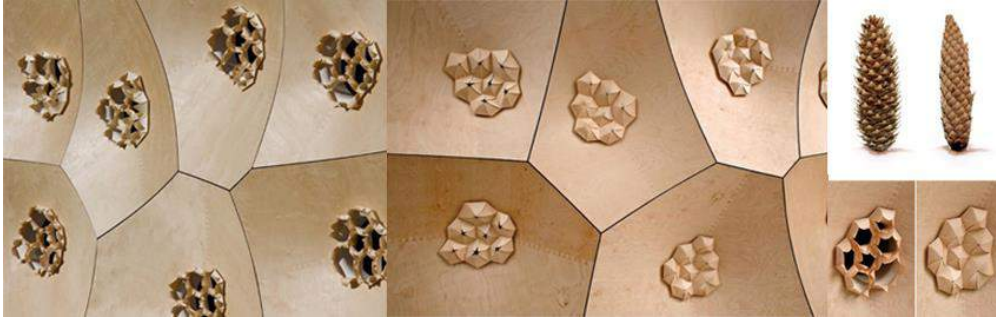


Figure 2. The HygroSkin-Meteorosensitive Pavilion. Source: <http://inhabitat.com>, 2013

The Al Bahar Towers, located in Abu Dhabi, designed by Aedas Architects group, instead, constitute an emblematic example of parametric facades, characterized by a geometric game modules that enable the creation of complex curved shapes. The facade proposes a modular grid able to respond to solar exposure and to the changing incidence corners during the different days of the year. The screen is placed on an independent frame from the glass surface, and is composed of triangles covered by glass fiber. Each component independently reacts to the stimuli coming from the sun and their behavior has been studied in such way to adjust the amount of light in relation to the daytime and night-time hours (Fig. 3).



Figure 3. Al Bahar Towers. Source: <http://www.ahr-global.com/Al-Bahr-Towers>, 2012

In addition to the so-called "bio-inspired" facade systems, the research moves towards increasingly advanced systems that not only artificially mimic natural processes, but aim to make the building an independent living organism, through the integration of the dynamic biology in systems, materials and components. Of this type of systems, definable as "bio-adaptive façade", an example is the case of the BIQ House, designed by Arup. This intelligent facade system consists of a series of bioreactors with micro-algae that triggering the process of photosynthesis, biomass and simultaneously produce thermal energy, bringing the building energy consumption close to zero. In addition, the direct exposure to the sun accelerates the proliferation process of algae which, growing in

number, they increase not only the amount of energy produced, but they create a natural insulating layer between inner and outer turning into a natural brise-soleil. According to different weather conditions the building performances change, turning itself into a real living organism (Fig. 4).



Figure 4. BIQ House, Arup, “bio-adaptive façade”. Source: <http://www.arup.com>, 2013

3. TECHNOLOGICAL DESIGN FOR A VENTILATED ENVELOPE

3.1 Wooden multilevel building suitable for the Mediterranean climate

Building in the Mediterranean climate means to answer from a technological point of view to specific climatic and functional needs:

- Compact shape to guarantee a more advantageous ratio between surface and volume in respect of thermal dispersions in winter;
- Small opposed openings on the walls exposed to south and north (porous surfaces) to favour the natural ventilation in summer;
- Variable structures' spaces (portico, loggia, patio, filtering spaces, greenhouses) that are closed in winter and open in summer to reduce the thermal overhang between indoor and outdoor;
- Vaulted roof or dome that favour the activation of convective motions for the internal ventilation;
- External painting with light colours to reduce the absorption's coefficient of thermal energy.

Considering all these building strategies, a multilevel building, not yet realized, is designed to optimize the envelope performances (using wood with the X-lam building system) in respect of the climatic conditions of the Mediterranean area. Building type is in line and considers two housing units per floor, 100m² each and four floors high. On the two prevailing and opposed façades with a south-north exposition there are the openings, and the other two façades with an east-west exposition are blind, and this permits the planimetric aggregation of the building units and a more efficient control of transparent surfaces' shades.

To improve the natural cooling conditions in summer and the passive heating in winter, is possible to design in the central part of the building, an integrated technological system consisting of a ventilated wall and roof with a single pitch where there is an installation for the energy production from renewable sources. In the gap of the ventilated wall, the air flow creates a chimney effect because of the pressure and density' level variations, caused by the temperature difference of the air that goes from a high density area to a low density area: warm air (lighter and less dense) goes up and out thanks to the openings on the top of the building, while cold air (heavier and denser) goes in through the openings near the base to substitute the expelled air. Therefore, the air goes in from the lower grill at the outdoor temperature and goes up through the gaps cooling the wall expelling the accumulated warm air thanks to convective motions (Figs 5 - 6).

“The ventilated wall coverings represent one of the main options of opaque modern external finishing, in particular if it is combined with a high performance isolation layer. They are particularly recommended and employed in big and high buildings, and in all those buildings where the research of functionality, image, high performance, efficiency and the highest level of sustainability of the architectural and building envelope is the main design's target” (Lucchini, 2000).

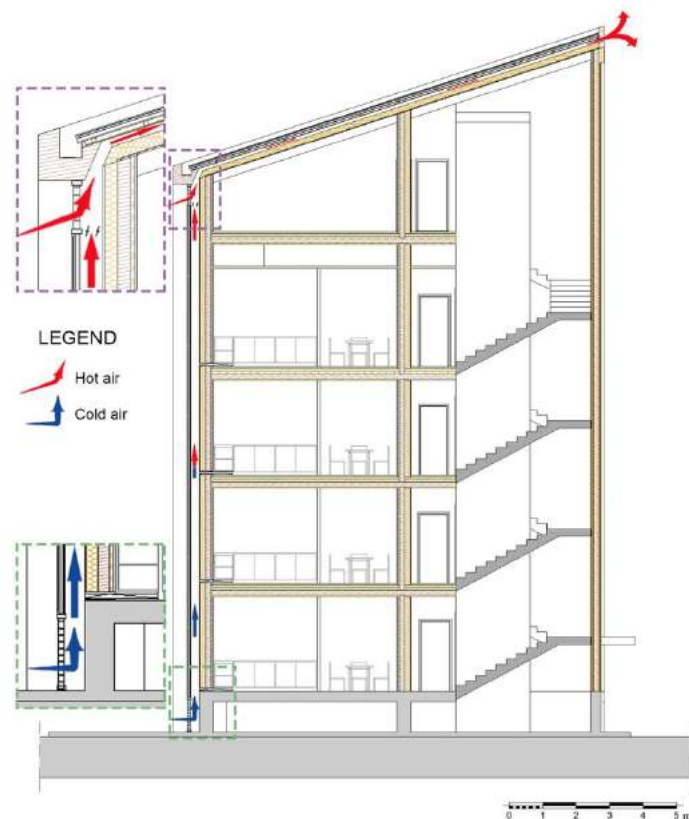


Figure 5. Natural ventilation system in summer. Source: A. Della Cioppa. 2015

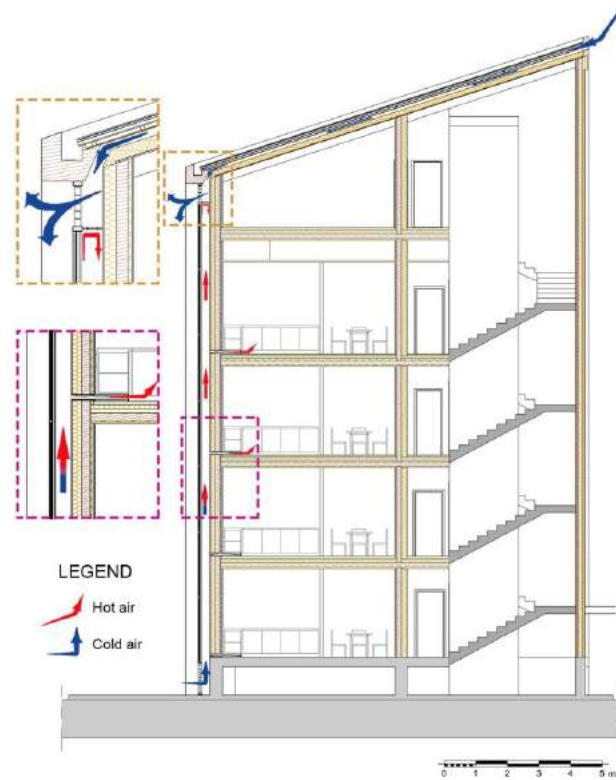


Figure 6. Natural ventilation system in winter. Source: A. Della Cioppa. 2015

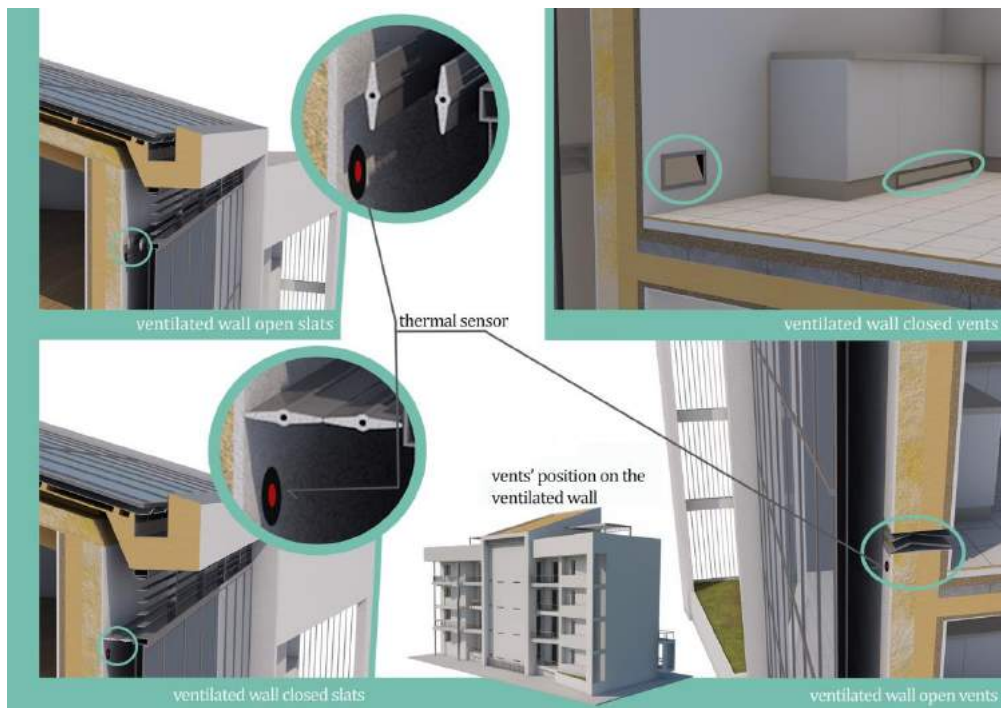


Figure 7. Domotic system. Source: A. Della Cioppa. 2015

The domotic system guarantees the automatic control of thermal-regulation devices. It activates (thanks to thermal sensors that measure the different external temperatures) the opening/closing of the layers that according to the needs extract or insert air in the

kitchens. The layers' opening temperature varies according to the season inserting "warm" air in winter and "cool" air in summer (Fig. 7).

All the system guarantees energy efficient performances and suitable from a bio-climatic point of view to this specific climatic context, with the surplus value of integrating innovative technological solutions in buildings with a wooden building system (Lavagna, 2010).

4. CONCLUSIONS

Ventilated walls and envelopes guarantee shelter from atmospheric agents and improve energy performance. The installation of these systems on the façades and on envelopes of new buildings or existing ones produces remarkable advantages in terms of durability and maintenance, reducing the incident energy load in summer and neutralising the heavy rain effects on the envelope in winter, above all concerning exposed and isolated buildings.

In thermal-energy terms, thanks to the ventilation in the space between walls and to the insertion of a soundproof layer and to the reflection of a solar radiation percentage, ventilated walls and envelopes guarantee a thermal load reduction obtaining a relevant reduction of electric energy consumption for summer air conditioning. Moreover, holding heat back in the space between the walls, they ensure a cost reduction for heating in winter.

The domotic system here illustrated allows optimizing the ventilated walls and envelopes performance increasing the ventilation in summer with grid and thin layer's opening and reducing airflows closing the openings in winter that guarantees greater heating of the air in the space between walls.

To sum up, a building to be considered a "quality" building has to ensure energy consumption reduction and the satisfaction of indoor comfort conditions. The technological innovation, eco-friendly and energy sustainable, contributes to optimize performances. More than being original "at any price", it is important to develop and pursue the ability to insert in the system needs and knowledge for a real and widespread design process' innovation.

For sure, it is not enough to integrate a photovoltaic or solar thermal system in the cover to build an energetically efficient building, but it is needed to find building solutions (materials, systems and elements) that use raw materials and building systems controlling all the life-long (... and over!) environmental and energy cost, aiming to a bio-compatible and eco-friendly architecture.

References

- Atkin, Brian. 1989. *Intelligent Buildings: Applications of IT and Building Automation to High Technology Construction Projects*. Halsted Pr.
- Lavagna M., 2010. "Progettare con il clima, progettare nel contesto: tipologie, tecnologie e cultura materiale" CIL 133 FOCUS.
- Leifer D. 1988. "Intelligent Buildings: A Definition." *Architecture Australia*, no. 77 (May): 100–102.
- Olgyay V., 1963. *Design With Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*. First Edition edition. Princeton University Press.
- Lucchini A., 2000. "Pareti ventilate ad alte prestazioni - Teoria e soluzioni".
- Romano R., Sala M., 2011. *Building envelope innovation: smart facades for non residential buildings*. TECHNE -02-2011.
- Wigginton, Michael, and Jude Harris. 2002. *Intelligent Skins*. Oxford: Butterworth-Heinemann.



LCA of waste PET particles as a partial replacement for sand in self-compacting concrete

Robson Zulcão Mello

Federal University of Espírito Santo, Technology Centre, Department of Civil Engineering, Vitória (ES), Brazil

robsonzulcao@gmail.com

Felipe Zanellato Coelho

Federal University of Espírito Santo, Technology Centre, Department of Civil Engineering, Vitória (ES), Brazil

fcz_0019@outlook.com

João Luiz Calmon

Federal University of Espírito Santo, Technology Centre, Department of Civil Engineering-FAPES, Vitória (ES), Brazil

joao.gama@ufes.br

ABSTRACT: The waste Polyethylene Terephthalate (PET) particles combined with pozzolanic materials can be used in the production of concretes with the goal of diminish the quantity of waste in landfills and reduce the depletion of natural resources. However, little has been researched about the environmental viability of the use of wastes in the production of concrete, and no assessment regarding the use of waste PET as fine aggregate in self-compacting concretes (SCC) has been done in the literature. Thus, this paper reports a comparative life-cycle assessment (LCA) of seven SCC mixtures, aiming to verify its environmental load in a case study in a region in Brazil. The weight replacement ratio of natural fine aggregates by waste PET aggregates was 5, 10 and 15 weight percent (wt.%). For each of these replacements, the weight replacement ratio of cement by silica fume used was 0 and 10 wt.%. Moreover, a control mixture with no replacements was used for comparison. The SimaPro software along with the Ecoinvent database and Impact 2002+ impact assessment method were used to perform the LCA. The most environmentally sound mixture in the scenario analyzed was that with 5 wt.% of PET and 10 wt.% of silica fume, but no significant improvements have been noted when using and 'total impact intensity' analysis. It was concluded that waste PET particle alone does not help to reduce the overall environmental impact of concrete despite of having a lower impact than natural sand from a certain distance scenario.

Keywords *Life-Cycle Assessment (LCA), Self-compacting Concrete (SCC), Waste Polyethylene Terephthalate (PET), Silica Fume, SimaPro.*

1. INTRODUCTION

Concrete is the most consumed artificial material in the world and sand is the second raw material more consumed in the planet after water (ANEPAC 2014, Mehta & Monteiro 2008). The sand is extracted from riverbeds, lakes, floodplains, decomposition of rocks and sandstones. Despite of its abundance in a global scale, the availability of natural fine aggregates is becoming scarce close to urban areas (MME 2009, Van den Heed & De Belie 2012), and alternatives have to be proposed. A great transport distance increases the final product economic cost, representing close to two thirds of the product final cost in the case of sand (MME 2009), additionally it increases its environmental load due to transport emissions. For the supply of the metropolitan area of the capital Vitória - Espírito Santo - Brazil (latitude: 20°19'10"S; longitude: 40°20'16"W), it started to be used sand from the city of Linhares - Espírito Santo - Brazil (latitude: 19°23'28"S; longitude: 40°04'20"W), distant 150 km from the capital. Thus, it is necessary to find best alternatives of supply for this raw material in order to reduce the transport distance and relieve the natural environment from our needs.

Another important issue in nowadays society is the correct disposal of solid residues. Waste PET bottles can contaminate natural water streams, killing aquatic animals, and it can also block urban drainage systems and contribute to urban floods if they are not properly disposed (Saikia & de Brito 2012). If it is landfilled it becomes a problem because it is not biodegradable due to its high thermal, mechanical and chemical resistance. A proper approach to this residue is recycling, as it is a 100% recyclable polymer. In 2011 it was consumed in Brazil 572 thousand tons of PET, 90% used in the production of packaging of food and beverages. The recycling rate of this material in Brazil despite being one of the biggest in the world (reaching in the referenced year 57.1% - 294 thousand tons), holds still a great growth potential (ABIPET 2013). This residue is already recycled for use in the industry of clothes manufacturing (ABIPET 2013, Nakatani et al. 2010). In the construction industry, researches have been done for its use in concrete, focusing on three main alternatives: as a resin for polymer concrete (Jo et al., 2008), as fiber for fiber-reinforced concrete (Kim et al. 2010) and as an aggregate replacement of sand for concrete (Akçaözöğlü et al. 2010, Sadrmomtazi et al. 2016).

Despite of polymer concrete made with PET reduce its total cost, it is still a costly process and energy intensive (Akçaözöğlü et al. 2010, Jo et al. 2008). Fiber-reinforced concrete with waste PET used as fibers has a small volumetric capacity of absorbing waste PET - content between 0.3% and 1.5% (Akçaözöğlü et al. 2010, Kim et al. 2010). Thus, the use of waste PET as fine aggregate for concrete emerges as a possible solution for the destination of this residue, as it seems possible to absorb a greater volume of material and it yields low impact in its transformation - washing, grinding and sieving. More comprehensive reviews about the different recent researches of the utilization of waste PET and plastics, in general, in concrete are already available and can be seen in the works of Sharma & Bansal (2016), and Gu & Ozbakkaloglu (2016).

It has been reported that concrete using waste PET particles as a replacement for aggregates has a better resistance against sulfuric acid attack, showing a good advantage in its use for industrial structures and sewer pipes (Araghi et al. 2015). However, some studies have shown that the use of waste PET particles in concrete can reduce its

mechanical strength (Gu & Ozbakkaloglu 2016). To compensate for this, the use of pozzolanic materials, such as silica fume, can be used to diminish this negative effect (Sadrmomtazi et al. 2016).

Life-cycle assessment (LCA) is a methodology that quantitatively assesses the environmental performance and the related impacts of products, processes and systems, helping to identify options for mitigating impacts. It is considered a valuable tool for identifying appropriate solutions to waste management issues (Laurent et al. 2014, Nakatani et al. 2010). Additionally, the LCA approach is increasingly used for evaluating the sustainability of construction materials, such as concrete and its composition (Marinković et al. 2010, Van den Heed & De Belie 2012, Hossain et al. 2016). Much has been said about the positives environmental impacts of using wastes in concrete, but the literature lack of comprehensive studies focused in this issue. A study has been published performing an LCA of recycled polypropylene fibres in concrete footpaths (Yin et al. 2016). Nevertheless, it was not found any study assessing the environmental impacts of using waste PET in concrete. Therefore, this methodology is used in this work to evaluate the environmental feasibility of the incorporation of waste PET as a fine aggregate into self-compacting concrete (SCC) for a case study in Brazil - metropolitan region of Vitória-ES.

2. METHODOLOGY

LCA is a tool that can elucidate how a modification in the composition of a product alters its environmental impact, and it was performed in this study by using the software SimaPro version 8.2 (SimaPro 2016). The LCA methodology and principles are described in the international standards of the International Organization for Standardization (ISO) 14040:2006 and ISO 14044:2006 (ISO 2006a, b). It consists of four steps: goal and scope definition; life-cycle inventory (LCI); life-cycle impact assessment (LCIA); and interpretation. The first three steps will be developed in the following subsections and the interpretation is an interactive step that occurs along with them and in section 3.

2.1 Goal and scope definition

The goal of this study is to compare the environmental impacts of self-compacting concrete (SCC) made with different compositions of fine aggregates: purely natural fine aggregate and waste PET aggregate as a partial substitution for sand. To achieve this goal, seven concrete mixtures were taken from the study of Sadrmomtazi et al. (2016) and analysed for the scenario of Vitória-ES. The functional unit used is 1 m³ of concrete. The mix proportions and its compressive strength at 28 days (fck) can be seen in Table 1.

Table 1. Mix proportions (kg/m³) and compressive strength at 28 days (MPa) of SCC.

Description	W/P	Water	Powder		PET	Sand	Gravel	SP	fck
			C	SF					
SCC (control)	0.43	195	450	-	-	850	770	6.8	36.19
NC-PET05	0.43	195	450	-	36.1	813.9	770	7.0	22.03
NC-PET10	0.43	195	450	-	72.2	777.8	770	7.4	20.25
NC-PET15	0.43	195	450	-	108.3	741.7	770	8.1	18.7
SF-PET05	0.43	195	405	45	36.1	813.9	770	6.8	33.77
SF-PET10	0.43	195	405	45	72.2	777.8	770	7.7	28.82
SF-PET15	0.43	195	405	45	108.3	741.7	770	8.3	21.44

Source: Adapted from Sadrmomtazi et al. 2016

The prefix NC in mixture description refers to ‘Normal concrete’, concrete with no cement (C) replacement, and SF means that there is a partial replacement of cement by silica fume (SF). The water/powder ratio (W/P) was fixed in 0.43. The waste PET replacement of sand was of 5, 10 and 15% by weight. An addition of 10% of silica fume was considered in three mixtures to decrease the negative effect that waste PET has on the compressive strength of concrete. Additionally, a control mixture with no waste or silica fume was used (SCC control). A polycarboxylic superplasticizer (SP) was used to achieve the desirable workability of the mixtures. It can be seen in Table 1 that despite of its high cement content, the SCC control mix has a low compressive strength. The explanation for that may lie in the fact that in the mixtures analysed in the original study of Sadrumontazi et al. (2016), the aggregates used in the mixes had high porosity, with water absorption of 3.26% and 3.2% for fine and coarse aggregate, respectively.

The goal establishes the system boundaries of the study, which in this case, is considered a cradle-to-gate LCA. The construction, service phase, demolition phase and end-of-life scenario are not included in the boundaries of the study. These phases are expected to be similar for the concrete types analysed in this study, thus they will not be taken into account in the comparative analysis.

Thus, the analysis encompasses the following steps: extraction, production and transport of cement and its raw materials; extraction, processing and transport of natural aggregates (sand and gravel); processing and transport of waste PET aggregate; production and transport of superplasticizer; processing and transport of silica fume. It was not considered the infrastructure items of the processes in the assessment. The system analysed can be seen schematically in Figure 1, and it will be explained further in the next subsection. Additionally, a comparative assessment of 1 kg of sand and 1 kg of waste PET was performed for 2 different transport scenarios (Sc1 and Sc2).

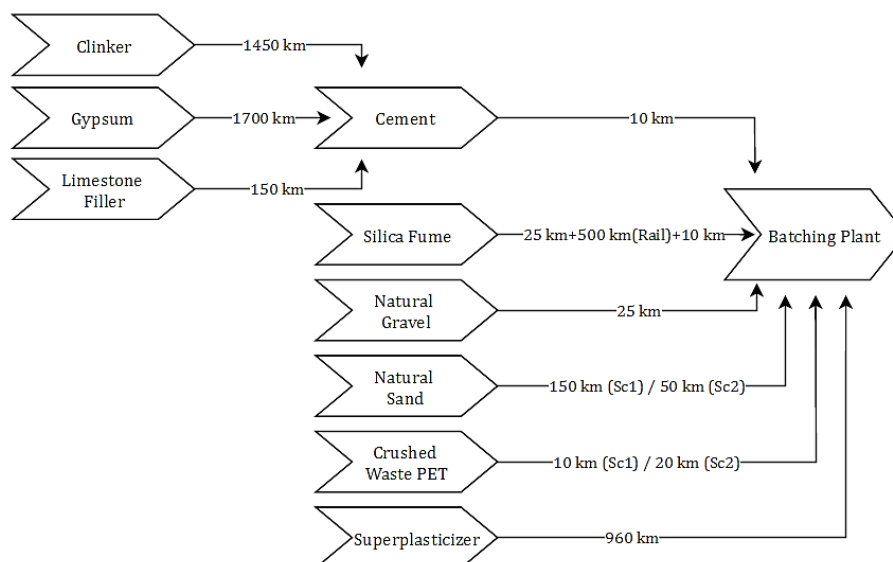


Figure 1. Flowchart of the concrete production
 Note: Sc1 and Sc2 - transport scenario 1 and 2, respectively.

2.2 Life-Cycle Inventory (LCI)

In this step of the LCA, a comprehensive data collection is realized. All data regarding relevant inputs and outputs of energy and mass, comprising the emissions to air, land and water, must be collected. In this work, the processes are adapted from the Ecoinvent 3.2 database to the Brazilian context.

In Figure 1, it can be seen the transport distances used in the assessment of the system. The transportations are made by road (truck, unspecified), unless when otherwise stated. To assess the sensibility of transport in the LCA, in the comparative assessment of the fine aggregates sand and waste PET, two different scenarios are considered. In the scenario 1 (Sc1), it is considered the best case for waste PET, the sand from Linhares-ES (150 km) and the waste PET at a shorter distance (10 km). In the scenario 2 (Sc2), the sand is considered from a closer quarry (50 km), and the waste PET from a farther recycling plant (20 km). For the concrete mixtures analysis, only the scenario 1 was used, due to being the best case for waste PET and now also a usual procedure in the region.

In the study of Sadrmomtazi et al. (2016), the cement used was an ordinary Portland cement (OPC) produced in Iran, the Portland cement type II, which is similar in its chemical and mineralogical composition to the European CEM I. Its correspondents in the Brazilian context are the CPI and CPV-ARI. The best equivalent commercially available for this scenario is the CPV-ARI, since the OPC called CPI is only available on production demand. The inventory data adaptation is made similar to the study of Mello (2015), who considered the scenario of the same region. Its adapted processes and emissions at the batching plant, and the supply and production (taken from a European inventory) of the superplasticizer were also used. The sand and gravel production data were adapted using the data of the study of Castro et al. (2015), which analysed the feasibility of adapting the inventory data to the Brazilian context using their own collected data, estimates, and other national inventory studies. However, their estimate for the emission of particulates (<2.5 µm) of the gravel production was not considered, due to the lack of data reliability.

The silica fume considered was taken from the Ecoinvent database, without bearing environmental load from the ferrosilicon production, as it is a byproduct, and only accounting for the transport. For the waste PET, only the mechanical recycling process and transport were considered. The crushing/grinding energy consumption was estimated by commercially available large granulators (throughput higher than 2000 kg/h) as being 0.085 kWh/kg PET (PROSINO, 2016), due to the high volume of aggregates consumed by the construction industry. The waste collection of PET and transport to the recycling plant was not considered, neither the difference of impacts of alternative final destinations of the waste because of the scope of this study.

2.3 Life-Cycle Impact Assessment (LCIA)

In this stage, the potential environmental impacts are calculated based on the inventory. It consists of three mandatory steps: selection of the impact categories; the classification of the impacts, that matches the LCI data with the chosen impact categories; and characterization, that aggregates the LCI results into the indicators results, which integrates the inventory into a common unit (e.g. kg CO₂-eq). Additional optional steps can also be used, such as normalization, grouping, weighting and single score (also known as

eco-point). The Impact2002+ impact assessment method was chosen to be used in this study; it encompasses both problem-oriented (midpoints) and damage (endpoints) approaches for the analysis (Jolliet et al. 2003).

For this study, it was considered the midpoint approach and the impact categories of respiratory inorganics, global warming and non-renewable energy for the comparison of waste PET (1 kg) and sand (1 kg) in the characterization step, due to being the three most important impacts of both products. For the comparison of waste PET and sand incorporated into self-compacting concrete (unit of m³), it was considered both midpoints and endpoints approach. The analysis encompassed the impact categories of global warming, respiratory inorganics and non-renewable energy (midpoints) in the characterization step, due to being the most significant impacts of overall concrete production. Additionally, human health, ecosystem quality, climate change and resources (endpoints) in the single score stage were analysed.

3. RESULTS AND DISCUSSION

As can be seen in Table 2 and Figure 2, the indicators analysed show that waste PET particle has a lower environmental impact for the scenario 1, the most favorable to waste PET, with the impact reduction ranging from to 40-45% approximately. Table 2 shows that the most famous impact, global warming, can be reduced significantly, being 13.5 g CO₂-eq for 1 kg of waste PET, in contrast to 22.2 g CO₂-eq for 1 kg of sand. The respiratory inorganics, represented by the 2.5 µm particulates equivalent (PM2.5_{-eq}) unit, can also be reduced from 3.65E-05 PM2.5_{-eq} to 2.03E-05 PM2.5_{-eq}.

Table 2. Indicator results for 1 kg of waste PET and 1 kg of sand in both scenarios.

Impact category	Unit	Waste PET Sc1 (10 km)	Sand Sc1 (150 km)	Waste PET Sc2 (20 km)	Sand Sc2 (50 km)
Respiratory inorganics	kg PM2.5 _{-eq}	2.03E-05	3.65E-05	2.16E-05	2.43E-05
Global warming	kg CO ₂ -eq	0.013482	0.022225	0.014538	0.011665
Non-renewable energy	MJ primary	0.19107	0.34713	0.20741	0.18379

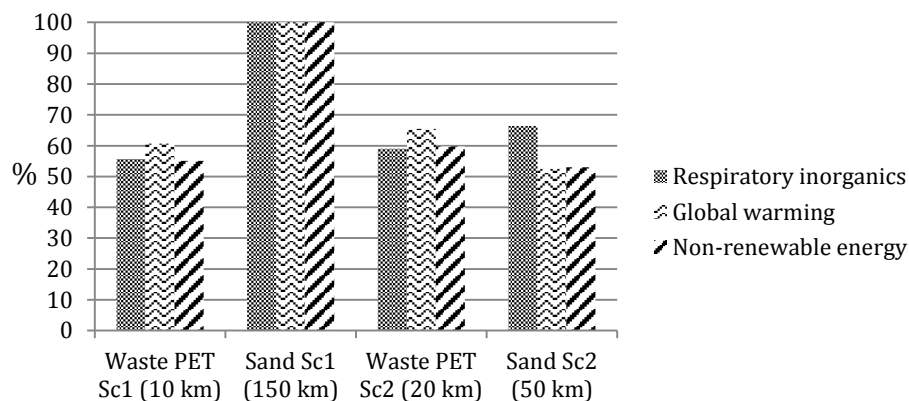


Figure 2. Characterization results for 1 kg of waste PET and 1 kg of sand in both scenarios.

Figure 2 presents the characterization results, and the % represents the product equivalent impacts to the most impacting product, the sand in the scenario 1. However, in

the scenario 2, the global warming and non-renewable energy impacts are higher for waste PET, despite of reducing the impact of respiratory inorganics. This shows the significance of the transport distance for the LCA analysis, especially in products where the highest emissions and energy consumption originate from its logistics, as it is the case of sand. In this initial result analysis, it seems tempting to conclude that the waste PET particle is a better alternative from an environmental point of view in this scenario where it is much closer the supply of the waste PET than the natural sand. Nonetheless, a further analysis is required to assess the influence of this substitution in the concrete mixture.

To complement the environmental analysis, the full final product must be assessed. Thus the indicator results for 1 m³ of different mixtures of self-compacting concrete are presented in Table 3 and Figure 3. As can be observed, the actual overall impact of the concrete mixture did not reduced significantly solely with the incorporation of waste PET, and it actually slightly increased for some impact categories, for example, in the case of all impact categories analysed in the mix NC-PET15. This can be explained by the highest amount of superplasticizer needed in the mixes with the increasing waste PET incorporation to compensate for the loss of workability of the concrete. The highest dosage of superplasticizer required eliminated the potential small environmental benefit of incorporating the waste PET into the matrix.

Table 3. Indicator results for 1 m³ of different concrete mixtures.

Impact category	Unit	SCC control	NC-PET05	NC-PET10	NC-PET15	SF-PET05	SF-PET10	SF-PET15
Respiratory inorganics	kg PM2.5-eq	0.31962	0.31930	0.31946	0.32036	0.29679	0.29818	0.29883
Global warming	kg CO ₂ -eq	487.39	487.26	487.44	488.08	443.54	444.49	444.97
Non-renewable energy	MJ primary	2534.93	2532.19	2534.93	2545.91	2359.12	2375.59	2383.82

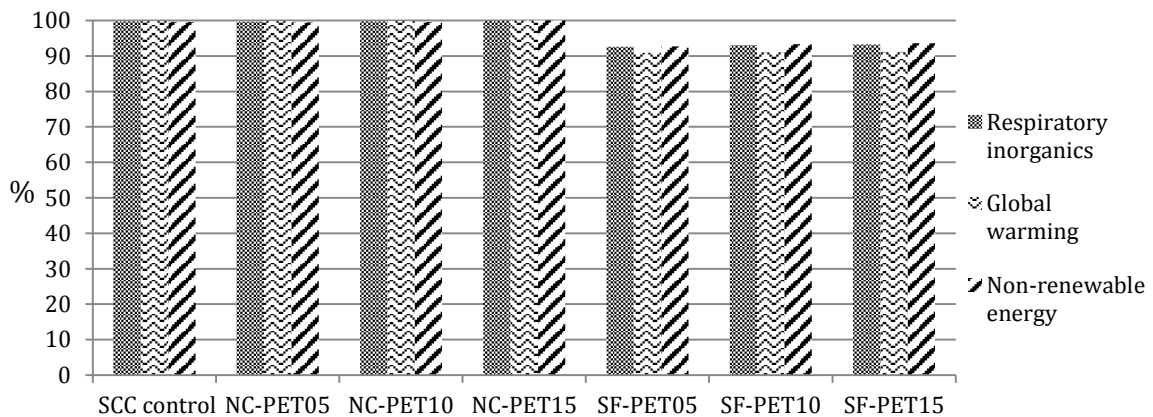


Figure 3. Characterization results for 1 m³ of different concrete mixtures.

On the other side, the mixtures with silica fume (at 10 wt.% of cement) presented a more significant lower impact in the selected categories, as noted in Figure 3 (SF-PET05/10/15), reducing nearly 9% the global warming impact. This can be explained by its neutral impact production – it is a byproduct from the ferrosilicon production. On the other hand, cement production has intense energy consumption and gases emissions. Moreover, the cement logistics in this scenario is more environmentally harmful due to the high

transport distance by road, and the silica is supplied at a shorter distance and with a transport mode that impacts less, the rail.

The eco-points results for the mixtures can be seen in the Table 4 and Figure 4. Here, the problem-oriented results are transformed into damage results. They are presented as dimensionless figures called millipoints (mPt), which represent the potential population affected by the environmental impacts in a period of one year, and have the sole purpose of compare the difference between products, in this case, the seven concrete mixtures. The results of the previous stage were normalized according to the impact assessment method and then grouped together. It can be noted that the three most relevant damage impacts for the concrete mixes are climate change, human health and resources. They represent approximately 45%, 32% and 15% of the total environmental impact of concrete, respectively, while the impact on ecosystem quality represents approximately 8%.

Table 4. Single Score and 'total impact intensity' for 1 m³ of different concrete mixtures.

Damage category	Unit	SCC control	NC - PET05	NC - PET10	NC - PET15	SF - PET05	SF - PET10	SF - PET15
Total	mPt	110.1723	110.1882	110.3510	110.7341	101.5290	102.0590	102.3687
Human health	mPt	35.0467	35.1041	35.2324	35.4668	32.6583	32.9635	33.1625
Ecosystem quality	mPt	9.1964	9.1853	9.1834	9.1953	8.5274	8.5485	8.5557
Climate change	mPt	49.2259	49.2135	49.2319	49.2964	44.7979	44.8932	44.9423
Resources	mPt	16.7033	16.6853	16.7033	16.7757	15.5454	15.6539	15.7081
Total impact intensity	$\frac{mPt}{fck}$	3.04	5.00	5.45	5.92	3.01	3.54	4.77

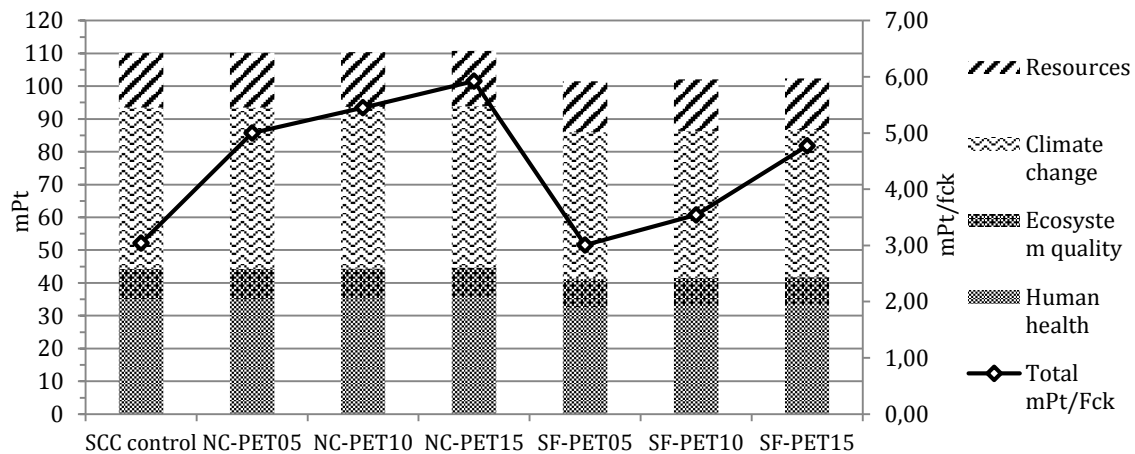


Figure 4. Single Score results for 1 m³ of different concrete mixtures and Total mPt/fck.

Figure 4 shows the single score results and gives a good overall view of the impacts of the mixes. The control and the NC mixes presented a similar environmental load. The total impact is reduced by a little more than 7% for the SF mixes compared to the control mix. An additional analysis has been performed, to assess the 'total impact intensity' of the incorporation of waste PET into SCC. It was defined as the Total mPt results divided by the compressive strength (fck) of the concrete. The lower the value, the lower is the environmental impact, and more eco-efficient is considered the mix. It can be noted that the 'total impact intensity' is abruptly increased for the NC mixes, and it is then reduced for the SF mixes. Additionally, it can be noted that only the SF-PET 05 mixture is more

eco-efficient than the SCC control mixture, but not significantly. This analysis is important because the incorporation of wastes and byproducts can influence much negatively some the properties of concrete, and this should be considered in an environmental analysis as well. In this case, only the compressive strength has been examined, due to be considered the most important characteristic of the final product. However, for a full detailed analysis, it is advisable that the durability properties are also considered.

Thus, it can be seen that the potential environmental benefits of incorporating waste PET into concrete are depreciated by its poor combination with the cement matrix, reducing the workability and compressive strength. Sadrumontazi et al. (2016) reported that this is due to the fact that, when compared with natural sand, waste PET particles have more specific surface area due to their plane shape, what causes an increase in the amount of water in the transition interfacial zone. Thus, the porosity increases weakening the microstructure and decreasing the compressive strength. Despite of this, the authors stated that its incorporation has several advantages, such as no effect on electrical resistance and in reducing brittleness of concrete, including improvements in the environmental aspect, without evaluating it properly, as by LCA means. In this study, it was found through the LCA methodology that the environmental aspect can be enhanced only when waste PET is combined with silica fume.

4. CONCLUSIONS

The waste PET as an aggregate has a reduced environmental load when compared with natural sand in the studied scenario. However, when the whole supply chain is analysed, this environmental improvement does not have much significance, since the biggest impacts are located in the cement production and supply chain. Thus, the initial expected environmental improvements obtained by the sole incorporation of waste PET into the self-compacting concrete were not found. However, it presented an improved environmental performance when combined with silica fume.

There is actually a lot of fuss about the benefits of incorporating some wastes into concrete, and it has been shown in this article that using waste PET into concrete as a partial substitution for sand is not as environmentally favorable as previously thought. Furthermore, there is no proof that this concrete is equivalent in term of mechanical properties and durability traditional concrete, and many studies findings state otherwise (Sharma & Bansal 2016, Gu & Ozbakkaloglu 2016).

However, the civil construction sector might still hold a good option for waste PET use, and alternatives should be analysed properly by using the adequate methodology. A LCA of non-structural lightweight concrete blocks or a comparative LCA of recycled waste PET resin for polymer concrete, for example, is advisable for future studies.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors gratefully acknowledge the support of FAPES (Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do ES).

REFERENCES

- ABIPET (Associação Brasileira da Indústria do PET) 2013. Panorama 2013 – *Indústria do PET no Brasil*. Available in <http://www.abipet.org.br>. Accessed 15 may 2016.
- ANEPAC (Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para a Construção Civil) 2014. *Construindo o Futuro – Sustentabilidade na Mineração de Agregados. Areia e Brita*. São Paulo.
- Akçaözöglü, S., Atiş, C., & Akçaözöglü, K. 2010. An investigation on the use of shredded waste PET bottles as aggregate in lightweight concrete. *Waste Manag.* 30(2):285-290.
- Araghi, H.J., Nikbin, I.M., Reskati, S.R., Rahmani, E. & Allahyari, H. 2015. An experimental investigation on the erosion resistance of concrete containing various PET particles percentages against sulfuric acid attack. *Constr. Build. Mater.* 77: 461-471.
- Castro A.L., Silva F.B., Arduin R.H., Oliveira L.A. & Becere O.H. 2015. Análise da viabilidade técnica da adaptação de dados internacionais de inventário de ciclo de vida para o contexto brasileiro: um estudo de caso do concreto para paredes moldadas no local. *Congresso Brasileiro do Concreto; Event proceedings*. Bonito-MS, October 2015.
- Gu, L. & Ozbakkaloglu, T. 2016. Use of recycled plastics in concrete: A critical review. *Waste Manag.* 51:19-42.
- Hossain, M., Poon, C., Lo, I., & Cheng, J. 2016. Comparative environmental evaluation of aggregate production from recycled waste materials and virgin sources by LCA. *Resour. Conserv. Recycl.* 109:67-77.
- ISO (International Organization for Standardization) 2006a. *Environmental management - life cycle assessment - principles and framework*. ISO 14040
- ISO (International Organization for Standardization) 2006b. *Environmental management - life cycle assessment - requirements and guidelines*. ISO 14044
- Jo, B.-W., Park, S.-K. & Park, J.-C. 2008. Mechanical properties of polymer concrete made with recycled PET and recycled concrete aggregates. *Constr. Build. Mater.* 22:2281-2291.
- Joliet O., Margni M., Charles R., Humbert S., Payet J., Rebitzer G. & Rosenbaum R. 2003. IMPACT 2002+: a new life cycle impact assessment methodology. *Int. J. Life Cycle Assess.* 8(6): 324-330.
- Kim S.B., Yi N.H., Kim H.Y., Kim J.H.J. & Song Y.C. 2010. Material and structural performance evaluation of recycled PET fibre reinforced concrete. *Cem. Concr. Compos.* 32:232-40.
- Laurent A., Bakas I., Clavreul J., Bernstad A., Niero M., Gentil E., Hauschild M.Z. & Christensen TH. 2014. Review of LCA studies of solid waste management systems - Part I: Lessons learned and perspectives. *Waste Manag.* 34:573-588.
- Marinković, S., Radonjanin, V., Malešev, M. & Ignjatović, I. 2010. Comparative environmental assessment of natural and recycled aggregate concrete. *Waste Manag.* 30(11):2255-2264.
- Mehta P.K. & Monteiro P.J.M. 2008. *CONCRETO. Microestrutura, propriedades e materiais*. tradução de cristina borba, 3rd ed. IBRACON, São Paulo.
- Mello, R. Z. 2015. *Avaliação do ciclo de vida de concreto auto adensável: comparação com diferentes teores de adição de escória de alto-forno*. Projeto de Graduação – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória-ES, 108 p.
- MME (Ministério de Minas e Energia) 2009. *Relatório Técnico 31 - Perfil de areia para construção civil*. Secretaria de Geologia, mineração e transformação mineral – SGM.
- Nakatani J., Fujii M., Moriguchi Y. & Hirao M. 2010. Life-cycle assessment of domestic and transboundary recycling of post-consumer PET bottles. *Int. J. Life Cycle Assess.* 15:590-597.
- PROSINO. 2016. *Medium and Large Granulator*. Available in <http://www.sinoshredder.com/shredders/medium-and-large-granulator-for-sale/>. Accessed 18 may 2016.
- Sadromtazi, A., Dolati-Milehsara, S., Lotfi-Omran, O. & Sadeghi-Nik, A. 2016. The combined effects of waste Polyethylene Terephthalate (PET) particles and pozzolanic materials on the properties of self-compacting concrete. *J. Clean. Prod.* 112:2363-2373.
- Saikia, N. & Brito, J. 2012. Use of plastic waste as aggregate in cement mortar and concrete preparation: A review. *Constr. Build. Mater.* 34:385-401.
- Sharma, R. & Bansal, P.P. 2016. Use of different forms of waste plastic in concrete - a review. *J. Clean. Prod.* 112:473-482.
- SimaPro Faculty (2016) *Version 8.2.0.0*. Developed by PRéConsultants.
- Van den Heede, P. & De Belie N. 2012. Environmental impact and life cycle assessment (LCA) of traditional and 'green' concretes: literature review and theoretical calculations. *Cem. Concr. Composites* 34:431-442.
- Yin, S., Tuladhar, R., Sheehan, M., Combe, M., & Collister, T. 2016. A life cycle assessment of recycled polypropylene fibre in concrete footpaths. *J. Clean. Prod.*, 112:2231-2242.



Analysis of concrete properties by incorporating wash water

Jeison Feltes

Feevale University, Institute of Exact and Technological Sciences, Civil Engineering Course. Novo Hamburgo (RS), Brasil

jeisonfeltes@gmail.com

Marcelo de Melo

Feevale University, Institute of Exact and Technological Sciences, Civil Engineering Course. Novo Hamburgo (RS), Brasil

marcelonhster@gmail.com

Daiana Cristina Metz Arnold

Feevale University, Institute of Exact and Technological Sciences, Civil Engineering Course. Novo Hamburgo (RS), Brasil

daim@feevale.br

Adriana Teresinha da Silva

Feevale University, Institute of Humanities, Literature and Arts, Interior Design Course. Novo Hamburgo (RS), Brasil

adrianat@feevale.br

ABSTRACT: Concrete is an essential material in construction and large companies have opted for industrialized it. For the preparation of industrial concrete quality is required to wash the concrete mixer trucks with great frequency, using potable water. Knowing the water crisis faced by Brazil in recent times, this work aims to reuse the water from these washes for making new concrete. The goal is to reduce the use of drinking water and give a correct allocation to the wastewater, which is currently a major problem for concrete producers industries, generating large costs with waste treatment before disposal.

After the performed aggregate's characterization tests (grown and fine) and water collected according to current regulations in the company that makes industrial concrete. The tapered trunk rebate depending on water levels in manufactured concrete was analyzed. It appears that the fine aggregate is within the optimum zone for sand used in concrete. However, the grown aggregate is outside the usable area for concrete.

For characterization of the fresh concrete the slump was used to measure workability test. All mixes met within the standard established with the same amount of water, demonstrating that not showed significant influences on the workability of the concrete using the concrete mixer truck wash water. All mixes analyzed showed no significant differences in the workability and the mechanical strength. The tests show promise in the use of effluent analyzed for the production of a new concrete, it can be used 100 % substitution of potable water at effluent.

Keywords Waste water, Concrete mixer truck, Concrete.

1 INTRODUCTION

Water is a very important element for human life and is an exhaustible natural resource. This resource has promoted the advancement and the constant civilization development over the centuries. Any variations, both in quality and quantity of it this that cause environmental imbalance directly effects on water availability, in the food production, material resources to the wellbeing, and, above all, on the health of living beings (ANDREOLI, 2003).

According to Bueno (2003), our planet is constituted of 70% water and 30% soil, but of all existent water 97, 61% is salt water and only 2, 39% is freshwater, considering that a great part of the fresh water is distributed in glaciers, icebergs and deep underground, and this is a limited and finite resource. As such, its distribution is not uniform and is available with an easy access to human consumption only in rivers and lakes.

Tundisi (2014) points out that Brazil possess about 12% of all fresh water of our planet, however, its distribution among country regions it is not homogeneous and the lack of water stands out on the north and northeast Brazilian regions, which are the ones that suffers most with the influence of a great variety of climatological process.

The Human Development report (United Nation Program for Development, 2015) highlights that all investments for people life quality through access to the sources of potable water in many countries still aren't enough. It is estimated that about 633 millions of people all over the world yet draw water from unimproved sources of drinking water and the water scarcity affects more of 40% of the population worldwide.

Even knowing the water importance to life survival and development of our society, water continues to be devaluated and mismanaged and the lack of interest can be noticed in many places in our planet, as an example the proper control absence for quality and amount of water resources. The degradation of potable water and absence of residual water management contribute to the growing water crisis, creating a water stress that fatefully is a part of world population reality (UNSGAB, 2015).

According to the National Confederation of Industry report (2013), the growing consumption over the worldwide freshwater resources reflects in increase degradation of supplies sources because of population growth, fast industrialization and climate changes. The degradation is the bigger problem, because of the unprecedented rate of pollution make quality sources (potable water) in unusable sources.

Tundisi (2011) highlights that the main cause of the deterioration of water sources and potable water supply is a result of constant increase in water consumption for several human activities to explore water resources and expand the economic development due to the world's population growth and the need to demands of industrial and agricultural consumption.

According to the United Nation World Report about the Development of Water Resources (ONU, 2015) about 20% of the whole world's aquifer are under exploration, both in surface water as in groundwater and it predicts an increase of 400% of the global water demand by the manufacturing industry between 2000 and 2050, affecting all other sectors, with the most part of this increase in emergent economies and in developing countries.

Mierzwa (2005) stresses that the industry, due to the diversity in activities, mainly those related to the production of consumer goods, consumes great part of planet's freshwater. Among the global economy sectors, the civil engineering sector is the responsible for consuming one third of our planet's natural resources, and among them, consumes about 12% of the total freshwater.

The civil construction besides being one of the segments that most consume planet's natural resources, mainly water, also contributes to the environment's pollution and it is further aggravated in Brazil that is facing several problems referring to the low water levels in the rivers, in the last few years. As concrete is indispensable to the sector, large developers opt for industrialized concrete that are produced by concrete industries. For the confection of this material, they end up consuming a large quantity of potable water.

The concrete transport to its final destination is on account of the concrete mixer trucks, which are loaded with concrete in the concrete's company and, before leaving to perform the delivery, need a wash to remove the excess concrete that stays deposited on the external part of the truck. After the delivery, it must be cleaned again before returning, to prevent soiling the city with this material. Once it arrives in the concrete's company, it must be fully washed, so the remaining concrete will not damage the truck's accessories, such as the rail, hopper and the balloon.

Silva e Violin (2013) stand out that for the confection of 1 m³ of concrete dosed in central is spent on average 211 liters of potable water. Cardoso (2015) highlights that for the washing of concrete mixer trucks it is used a large amount of water that potentially contributes on the generation of harmful waste for the environment. Ekolu e Dawneerangen (2010) estimate that for the washing of the concrete mixer truck's roll, chute and funnel, in the process of concrete's fabrication, per day, are used around 1000 potable water liters. For that reason, the concern with technological development and the urgent necessity of rational use of natural resource, for example, the rational use of water in concrete's fabrication process, showing the reutilization possibilities of this resource without harming the environment (Concreto & Construção, 2009).

Given the above, and knowing of the water crisis faced by the country in recent times, this work seeks to reuse the water from the washing of concrete mixer trucks to the confection of new concretes. The goal is to diminish the use of potable water and also give a proper destination to the residual water, which currently is a big problem for de concrete industries, creating great costs, because the residue needs treatment before disposal.

2 METHODOLOGY

Knowing the high consumption of potable water in concrete production and thinking of finding an alternative to minimize the use of this natural resource, and create a possible solution for the proper destination of wastewater, coming mainly from concrete mixer trucks washing step, started this study. The research was also motivated by the high cost of treatment of the effluent for the concrete producers companies.

2.1 Water collection

The wastewater from the wash concrete mixer truck was collected in a concrete producer company, in the Vale dos Sinos region, Greater Porto Alegre, Rio Grande do Sul, as Figure 1. This procedure was performed in a decanter located in the company's courtyard, according to instructions of the laboratory called Analytical Center of the Feevale University, that subsequently performed the analysis used in this study.



Figure 1. Wastewater being collected in the concrete producer company.

Consumption for washing concrete mixer trucks in the company which the samples were collected it is about 7000 liters of potable water per day, according to data collected on site. This effluent must be deposited in a decanter tank and then be treated so it can return to nature, generating a costly process for the enterprise.

2.2 Classification, characterization and storage of used aggregates

The Construction Techniques Laboratory of the Feevale University provided all of used aggregates for the studies. First, we performed a material quantitative to be used throughout the study. All the material was separated and stored to maintain regularity. To remove impurities and dusty materials the coarse aggregate went through a washing process, as shown in Figure 2. After washed, the aggregate was distributed in a heated room, with temperature of 30°C, for 10 days, for drying. Fine aggregate has passed for the same drying process before storage.



Figure 2. Coarse aggregate being washed

The aggregates were stored in 200 liter drums and underwent characterization tests, with they were submitted to tests to determinate the particle size distribution for coarse and fine aggregate, according to NBR NM 248 (ABTN, 2003), specific mass for fine aggregates, NBR 9776 (ABNT, 1987), specific mass for coarse aggregate NBR NM 53 (ABNT, 2009), unit mass for coarse and fine aggregate, NBR NM 45 (ABNT, 2006).

2.3 Cement

The cement used was the Votoran brand, classified as CPIV-32-RS, provided by Rio Branco unit. Lots of cements used were L05-170604 e L010-1212074104. Their characterization is determined by NBR 5736 (ABNT, 1991), according to tests performed by the manufacturer, Tables 1, 2 and 3.

Table 1. Chemical characterization of cement

Chemical characterization	%
MgO	5,20
SO ₃	2,16
RF	3,40
RI	23,49

Table 2. Physical characterization of cement

Physical property	Value	Unit
Fineness #200	0,84	%
Fineness #325	4,18	%
Blaine	4607,86	cm ² /g
Water Consistency	29,91	%
Setting time – beginning	252,50	Min
Hot expansion	0,00	Mm

Table 3. Mechanical characterization of cement

Time (days)	Compressive strength (Mpa)
1	12,89
3	32,76
7	28,68
28	40,82

After performing quantitative calculations, it was separated the needed amount for testing, in this case, two cement bags of 50 kg each. These packages were individually wrapped in plastic bags and secured with the aid of masking tape, and has been properly identified.

All cement bags were stored on wooden pallets and in dry location, preventing damage to the material.

2.4 Additive

The additive added to the mix was made possible by the concrete producer company and it is, according to information from Viapol, the manufacturer, is a Plasticizer additive - Polyfunctional, used in concrete. It is a liquid material, free from chlorides, with a specific mass of about 1,2 g/cm³ and its color is dark brown.

The company generating the liquid effluent provided the feature that it was used in this study, the feature was calculated aiming to use the specified additive.

2.5 Water

It was used two types of water in the research, a potable water from public supply in the city of Novo Hamburgo – RS, Brazil, called water reference, and reuse of water washing of concrete mixer truck, known as effluent.

The water used on the study were tested for the pH, color, turbidity, total solids and density, all analyzes were performed at the Analytical Center of the Feevale University.

2.6 Mix

The feature used in all samples were provided by the concrete producer company, having only to be determined the amount of water to be employed, because the settlement was fixed as the company's own data. The mass feature was 2,32 : 0,58 : 1,73, as shown in Table 4, were values correspond to the cement, fine aggregate and coarse aggregate. The water/cement relation (w/c) was 0,53 plus plasticizer additive.

Table 4. Amount of each material used in the mixture.

Material	Feature	Mass
		Kg
Cement	1	3,996
Fine aggregate	2,32	9,271
Coarse aggregate (crushed stone type 0)	0,58	2,317
Coarse aggregate (crushed stone type 1)	1,73	6,913
Additive	-	0,020
Water	0,53	2,100

It was used in the study three different features: a reference feature (just with drinking water, from public water supply in the city of Novo Hamburgo), feature 50% (half drinking water and half effluent, collected from the concrete mixer truck's washing) and the feature 100% (with only the effluent). Figure 3 shows the water samples used in each feature.



Figure 3. Samples with the three water contents: 0% (reference), 50% and 100%

2.7 Characterization of fresh concrete

To characterize the fresh concrete was determined the consistency for Slump Test, to analyze the concrete's workability, of all features under study (Figure 4).



Figure 4. Determination of consistency through Slump Test.

Therefore, the current standard NM 67 (ABNT, 1996) was consulted and applied. The reference used was 120 mm \pm 20 mm, as specified by the concrete producer company in question.

2.8 Characterization of concrete in hardened state

For each feature six samples were cast, for ages of 7, 14, 28 63 and 91 days. The casting and curing of the samples have been performed according to NBR 5738 (ABNT, 2003) with cylindrical samples, 100 mm in diameter and 20 cm in height, as shown in Figure 5. Densification was manually, with stem. As the standard requires a temperature control of the storage environment and the laboratory did not have any device able to meet this demand, there was an adaptation of the standard in relation to this criterion. For this, the

air conditioner on site was kept on to make the temperature stabilized at about 30° C with varying ± 5 °C.



Figure 5. Samples in placeholder in the laboratory, waiting to be extracted from the mold.

For the characterization of hardened state was performed the compressive strength test. NBR 5739 (ABNT, 2007) lays down the guidelines for the execution of the samples compression test (Figure 6) and the assay was performed according to it, as well as the preparation of the bases (Figure 7) that followed NBR 5738 (ABNT, 2003).



Figure 6. Sample tore.



Figure 7. Sample being rectified, to prepare de base.

3 RESULTS

3.1 Water

Table 5 shows the results of tests conducted by the Analytical Center of the Feevale University with samples of waste and potable water.

Table 5. Test results of water samples

Material	Waste Water	Potable water	Unit
Density	0,99752	0,99597	g/cm ³
pH	11,64	6,88	-
Color	14	5	Pt-Co
Turbidity	3,3	0,6	NTU
Total Solid	2526,0	4,0	Mg L ⁻¹

FONTE: Analytical Central of Feevale University

With the results, it is clear that both types of water samples used are in accordance with Ordinance nº 2914 of the Ministry of Health, December 12, 2011, considering the analyzed parameters.

NBR 15900-1 (ABNT,2009), responsible for determining the water requirements for kneading concrete, shows that water pH should be greater than or equal to 5 and a maximum of solid material should not exceed the value of 50 000 mg/L. As shown in Table 2, both samples used meet this determination.

3.2 Slump Test

Table 6 presents Slump Test results, where we can verify that all samples obtained within the established limit values of 120 mm ± 20 mm, not getting results with significant difference among analyzed features. This test demonstrates that reuse of water from concrete mixer truck wash does not significantly alter the concrete's workability.

Table 6. Results of consistency through slump test

Feature	7 Days	14 days	28 days	63 days	91 days
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
0% (Ref.)	125	100	100	100	105
50%	115	110	105	120	120
100%	110	105	105	135	115

It is clearly observed that the total solids in the wastewater samples did not alter concrete's workability significantly.

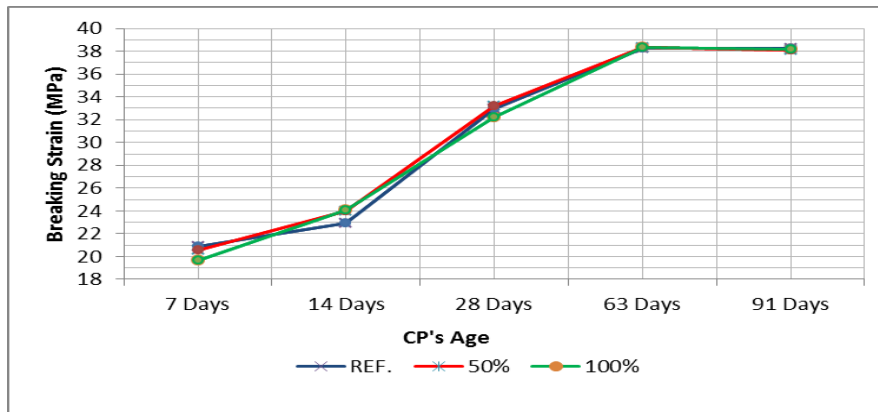
3.3 Strength of concrete compression

In the case of maximum compressive stress at rupture of samples, Table 7 presents the results for each feature and their respective ages. It can be seen in Graphic 1 that there was a gradual increase in tensions especially at early ages. This is due the cement used is pozolanic, type CPIV, which composition has a slow curing over time. We can see that from de age of 63 days of curing the resistance is practically stabilized. The concrete's resistance trend that used this type of cement is linear growth from de 28 days following that behavior throughout its life.

Table 7. Results of maximum rupture tension from the samples, unit: MPa

Feature	7 Days	14 Days	28 Days	63 Days	91 Days
0% (Ref.)	20,88	22,96	32,96	38,26	38,26
50%	20,55	23,97	33,24	38,30	38,13
100%	19,64	24,11	32,22	38,34	38,18

Graphic 1. Sample's Breaking Strain



It can be seen in previous images that concrete's resistance with the feature of 100% (residual water) was close to the feature 0% (drinking water). Satisfactory results, showing that the analyzed water did not significantly influences the compressive strength of the examined ages.

All analyzed features showed no significant differences in the workability and mechanical resistance. The performed tests showed good perspective in using the studied effluent for the production of a new concrete, it can be used 100% substitution of potable water at effluent.

4 JUSTIFICATION

The project was carried out aiming environmental concern, because construction industry is very harmful to nature, seen that it possesses a high consumption of raw materials and a large waste of drinking water, mainly in activities that do not add value, in this case, the step of washing of concrete mixer truck.

Water resulting of this process can be used to produce new concrete, helping to reduce company's cost for treating this effluent and consuming less drinking water in the concrete's production, furthermore, it reduces the amount of waste to be treated and disposed of in the environment.

In this regard, the work obtained good results, as were maintained concrete's properties with the incorporation of wastewater when compared to the reference concrete, and in some tests even improved these properties.

REFERENCES

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5736: *Cimento Portland pozolânico*. Rio de Janeiro, 1991.
- _____. NBR 5738: *Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova*. Rio de Janeiro, 2003.
- _____. NBR-5739: *Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos*. Rio de Janeiro, 2007.
- _____. NBR 9776: *Agregados – Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio de frasco chapman – Método de ensaio*. Rio de Janeiro, 1987.
- _____. NBR 15900-1: *Água para amassamento de concreto – Partes 1,2,3*. Rio de Janeiro, 2009.

- _____. NBR NM 45: *Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios*. Rio de Janeiro, 2006.
- _____. NBR NM 53: *Agregado graúdo – Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água*. Rio de Janeiro, 2009.
- _____. NBR NM 67: *Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone*. Rio de Janeiro, 1996.
- _____. NBR NM 248: *Agregados – Determinação da Composição granulométrica*. Rio de Janeiro, 2003.
- ANDREOLI, C. V. *Mananciais de abastecimento: planejamento e gestão*. Curitiba: Sanepar Finep, 2003. P 35.
- BUENO, L. A água e a vida. Artigo Embrapa 2003. Disponível em: www.ainfo.cnptia.embrapa.br. Acesso em: 17/04/2016.
- CARDOSO, V.A.V.P. *Utilização de Lavagem em Betoneiras na Produção de Concreto Fresco*. Ribeirão Preto, 2015. 15º Congresso Nacional de Iniciação Científica – Universidade São Judas Tadeu.
- CONCRETO & CONSTRUÇÃO. ABNT NBR 15900 – *Água de amassamento do Concreto*. Ibracon, 2010.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. The Ceres Aqua Gauge: a framework for 21st century water risk management. Brasília, 2013. 107 p.
- UNSGAB - CONSELHO DE ACESSORAMENTO DO SECRETÁRIO-GERAL DA ONU PARA ASSUNTOS DE ÁGUA E SANEAMENTO. A Jornada do UNSGAB. Nova Iorque, 18 de novembro 2015. Disponível em www.arquivos.ana.gov.br. Acesso em: 13/04/2016.
- EKOLU, S.; DAWNEERANGEN, A. *Evaluation of Recycled Water Recovered from a Ready-Mix Plant for reuse in Concrete*. Journal of the South African Institution of Civil Engineering 2010. Vol.52 (2), 77-82.
- MIERZWA, J. C. *Água na indústria: uso racional e reúso*. São Paulo: Oficina do Textos, 2005. 143p.
- PROGRAMA DE AVALIAÇÃO MUNDIAL DA ÁGUA DAS NAÇÕES UNIDAS. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos - Água para um mundo sustentável 2015. Disponível em: www.unesco.org. Acesso em: 17/04/2016.
- PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. Relatório do Desenvolvimento Humano 2015. Disponível em: www.pnud.org.br. Acesso em: 23/03/2016.
- SILVIA, R.R.; VIOLIN, T.Y. R. *Gestão da Água em Canteiros de Obras de Construção Civil*. VIII EPCC. Maringá: CESUMAR, 2013.
- TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no Brasil: problema, desafios e estratégias para o futuro. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2014. 75 p.
- TUNDISI, J. G; TUNDISI, T. M. Recursos hídricos no Século XXI. São Paulo: Oficina de Texto, 2011. 328 p.
- UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. Buildings investing in energy and resource efficiency. Disponível em: www.unep.org. Acesso em: 13/02/2016.



The Thermal Influence of Envelopment in Naturally Ventilated Environments

Marlon Sergio Manthay Oliveira

Federal Institute of Education, Science and Technology of Espírito Santo, Colatina (ES), Brazil
marlon.oliveira@ifes.edu.br

Izabela Oliveira Hofman

Federal University of Espírito Santo, Planning and Project Laboratory, Vitória (ES), Brazil
hofmanizabela@hotmail.com

Edna Aparecida Nico-Rodrigues

Federal University of Espírito Santo, Planning and Project Laboratory, Vitória (ES), Brazil
edna.rodrigues@ufes.br

Cristina Engel de Alvarez

Federal University of Espírito Santo, Planning and Project Laboratory, Vitória (ES), Brazil
cristina.engel@ufes.br

ABSTRACT: Motivated by the increase of 42% on average in Brazilian demand for electricity in the period 2003-2013, due to population growth that reached 12.3% since the year 2000, it has become a priority the adoption of improvements in construction, especially seeking thermal efficiency. More efficient buildings have as targets the intervention and identification of solutions on the project stage, such as the choice of materials with different thermal characteristics and direct relationship in thermal performance. The study aimed to analyze the influence of envelopment materials for the thermal performance of university educational building located in a tropical and humid climate, with the prerogative of the use of natural ventilation as a strategy to improve the comfort, according parameters of Frequency Thermal Discomfort (FDT-%) and Degrees hours of Thermal Discomfort (GhDT-°C.h), seeking the least energy expenditure and promote buildings suitable for the environment. There were made three methodological steps with the 1st on the review of the key concepts work; the 2nd descriptive experimental research simulation with DesignBuilder software; and 3rd of results analysis. Among the results, it was observed that the analyzed environments are all uncomfortable especially the located on the upper floor, with an increase in rates of FDT and GhDT, pointing great interference in thermal gains through the roof, intensified by the impossibility of heat exchange ventilation by night, due to the frames models, which did not allow air circulation, so being required artificial conditioning and required specification of more efficient materials.

Keywords: *Thermal performance; Envelopment; Computer simulation; DesignBuilder.*

1. INTRODUCTION

Motivated by the 42% average increase in Brazilian demand for electricity in the period 2003-2013 and due to the growth of its population which reached 12.3% since the year 2000, has become a priority the adoption of improvements in construction, in order to get a higher thermal efficiency (IBGE, 2010; ONS, 2014). At the same time, the construction industry is in a evolution period, where is given a growing importance to benefits imposed by materials of less environmental impact and directly linked to the concepts of sustainability (Carvajal, 2004).

It is important to note that in the search for satisfactory thermal behavior, whenever possible, the use of local natural resources, such as natural ventilation, and the use of materials with better thermal performance, in order to increase comfort and reduce electricity consumption, mainly in artificial conditioning environments. In this sense must be intentional the development of solutions that allow the user to enjoy a designed environment integrated to the local climate, providing well being, and adequate spaces for human occupation. Whereas the tropical and humid climate, it should be noted especially the control of heat gains, removal of heat energy and excess moisture from inside of the building (Corbella & Yannas, 2009; Frota & Chiffer, 2009).

An important factor of influence on thermal comfort of buildings is related to the local climate. Due to its large extension the Brazilian territory is covered by various climates and numerous particularities that characterizes them. Given this diversity, it has always been evident the need for definition of climatic groups. Thus the division of the country in bioclimatic zones allows to guide project solutions and constructive guidelines that help in thermal comfort for each region (Roriz et al., 2001).

In tropical and humid climates whereas the absorption of solar thermal energy which focuses on the envelopment, the roof system is the main element of influence on the internal thermal conditioning once is the most exposed to solar radiation in the case of horizontal buildings. The transmission or blocking of thermal load transmitted to the adjacent environments besides influence on thermal comfort also interferes with the energy consumption from forced ventilation equipment and artificial conditioning, demonstrating the importance of heat gains through control of thermal energy dissipation (Corbella & Yannas, 2009; ABNT, 2013).

The specifying materials step during the preliminary design phase fundamental importance on the development of projects with greater thermal efficiency, given the significant influence of those choices on the economic, environmental and social context (Bissoli-Dalvi et al., 2011).

Among the elements of the building envelopment, also stands out as an important factor of influence the side openings. On his historical synthesis Nico-Rodrigues (2008) describes the windows and its influence on ventilation, on his historical synthesis Nico-Rodrigues (2008) describes about windows and its influence on ventilation, demonstrating solutions over time through the adoption of opening protections against solar incidence and allowing natural ventilation permeability, adjusting the comfort temperature. However, these solutions were being forgotten in favor of guidelines and contemporary trends, leading to questionable performance elements.

One of the processes to the dissipation of the inner thermal load of the environments is the use of ventilation, which occurs exchanging the indoor air by renewed air in search for better air quality and more acceptable comfort temperatures. This process becomes more efficient when there is natural ventilation made by conventional air distribution (Costa, 2005; Liping & Hien, 2007).

Include regulations which deal with the thermal performance of buildings and of thermal variables involved, such as the use of natural ventilation as a passive thermal factor, influencing the increased amount of studies mainly in tropical climates, demonstrating a growing interest on thermally suitable environments (Santo et al., 2013).

The study by Armelin and Cherry (2004), about facilities with several levels of solar radiation barrier; different levels of ventilation; use of tiles with different colors, types and materials; it was verified the possibility of achieving a reduction in the flow of heat through the roof of about 80% when the cover system is designed to use solar radiation barriers, ventilation and under blankets of aluminium base.

In this way, the regulation ASHRAE Standard 55 addresses the environmental thermal conditions comfortable theme of the interior of buildings for the human occupation which would be acceptable to the majority of occupants in naturally ventilated environments. Through its adaptive method of analysis is set a relationship between temperature range indoor comfort to the users and the outside air temperature. Variations of 2.5% and 3.5% - more or less - in relation to the limits of comfort presented by regulation, establish comfort of 90% and to 80% respectively of individuals in the environment (Silveira & Labaki, 2012; ANSI & ASHRAE, 2014).

The survey aimed to analyze the influence of components of the envelopment of the building of classrooms - DCAB/DCS of the Center University North of Espírito Santo/UFES, in the city of São Mateus, ES, with the condition to the thermal comfort natural ventilation. The results allow to extrapolating the solutions for similar situations, mainly, to the campus of São Mateus which is in process of deployment. In this sense, the objective of the survey is also to seek appropriate solutions to maximum comfort with minimal energy expenditure, as well to promote school buildings that serve as example of appropriate architecture to the place.

2. MATERIALS AND METHODS

The study was carried out in three main methodological steps being the first on the review of the key concepts guiding work, as well as documentary and survey data. The second stage is characterized by experimental descriptive research, conducted through the software DesignBuilder, object modeling and relevant settings the characteristics of the materials of the building envelopment. The third stage was devoted to the analysis of the results found.

2.1 SCENARIO OF CHARACTERIZATION

The study was conducted in the city of São Mateus, ES, approximately 217 km from the city of Vitoria, ES. The municipality is located in the northern territory of the State, along

the coast, (Figs 1-3), characterized as zone 8 (Z8) as the Brazilian Bioclimatic Zoning (ABNT, 2005b; INCAPER, 2011).



Figure 1. State, ES.
Source: Adapted from Google Earth, 2016



Figure 2. CEUNES-UFES.
Source: Adapted from Google Earth, 2016



Figure 3. Building analyzed.
Source: Adapted from Google Earth, 2016

The municipality of São Mateus, ES has a tropical and humid climate, with incidence of the wind northeast (NE). Has a range of average maximum temperatures for the summer period of approximately 31°C in December to 33°C in February and March for the period 1984 to 2014. The annual average precipitation accumulated is 1,313 mm, with a range of relative humidity for the summer period of approximately 60% to 90%, and is considered a negative factor for comfort when related to high temperatures (INCAPER, 2011; INCAPER, 2014; INMET, 2014).

The model studied was the building of classrooms of the departments of Agricultural and Biological Sciences and Health Sciences of the Center University North of Espírito Santo (CEUNES) of the Federal University of Espírito Santo (UFES). Was chosen for being a standard unit that tends to be repeated elsewhere. Has a horizontal rectangular prismatic architectural typology, composed of four blocks of rooms, distributed in two floors – ground floor and above - with 1,162 m² and 900 m² respectively, totaling 2,062 m² of constructed area. Consists of two blocks of bathrooms, two computer labs and twelve classrooms. Horizontal circulation is established in galleries covered lengthwise and vertical circulation occurs through an external metal stairs and a ramp (Figs 4-5).



Figure 4. Building of classrooms - Longitudinal northeast facade, 2014



Figure 5. Building of classrooms - Longitudinal southwest facade, 2014

For the simulated model (Figs 6-7) were adopted the reference values of the thermal properties of building envelopment elements (Table 1). Your roofing system is lightweight, with aluminium trapezoidal tile of little mass, embedded by parapets,

supported on pre-cast concrete slab of 10 cm and PVC liner. The walls are in masonry of ceramic slabs with 8 holes, plaster on both sides and painting with latex paint PVA and coated with white ceramic, totaling approximately 15 cm thick, with the structural system in concrete. The frames are aluminium with colorless glass of 6 mm, with opening system maxim-ar.

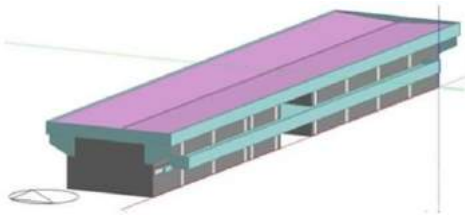


Figure 6. Simulation. Source: DesignBuilder, 2012



Figure 7. Simulation. Source: DesignBuilder, 2012

Table 1. Thermal characteristics of materials, elements and components of construction

Materials	Apparent bulk density (ρ) kg/m ³	Thermal conductivity (λ) W/(m.k)	Specific heat (c) (J/kg.k)
Cement mortar	2000	1.15	1000
Ceramic block	1600	0.90	920
Concrete	2200	1.75	1000
Aluminium miter	2800	160.00	880
Aluminium roofing sheet	2700	230.00	880
Painting	Solar radiation absorptivity (α)		0.20
	Emissivity (ϵ)		0.90
Colorless glass 6mm	Thermal transmittance (U) W/m ² .k		5.78

Source: ABNT, 2005a

The study did not consider the possible influence of the surroundings of the building, considering the actual situation of the building on Campus - without elements built nearby, because the studies in Brazil inherent impacts of buildings in the neighborhood are still poorly developed (Scaldo, et al., 2010).

2.2 Processing of data and simulations

With use of DesignBuilder software - 3.1.0.068 Beta - 2012, using calculations for the EnergyPlus 7 algorithm, it was possible to set the monthly average temperature of outside air, following the configuration guidelines established by Venâncio (2009).

Predicting the worst framework of discomfort to the heat, the study was limited to examining the values in "non-compliance" to the maximum of the comfort temperature, for 90% of acceptability, recommended by ASHRAE Standard 55 (2014) for the summer period. Since way, are considered the features of the Z8 and the use of the file Test Reference Year (TRY) the city of Vitória, ES, given the proximity of the city and the consolidation of the climate information (UFSC, 2012; INCAPER, 2013).

For the data analysis process, with the condition the use of natural ventilation for the suitability of temperature in environments, was adopted the analysis model that establishes the relationship between indicators for the heat Frequency of Thermal

Discomfort (FDT-%) and Degrees hours of Thermal Discomfort (GhDT-°C.h) (Nico-Rodrigues, 2015; Nico-Rodrigues et al., 2015).

The FDT-% indicator is the percentage of time in a specified period, where the operating temperature is in non-compliance with the established range as comfort temperature. Already the GhDT-°C.h indicator is the sum of the difference between hourly operating temperature and the temperature of comfort (Nico-Rodrigues, 2015).

Complementary manner was adopted the buoyancy diagram (Fig. 8), to facilitate the analysis of the studied indicators, measuring the discomfort with the frequency and thermal intensity (Nico-Rodrigues, 2015; Nico-Rodrigues et al., 2015).

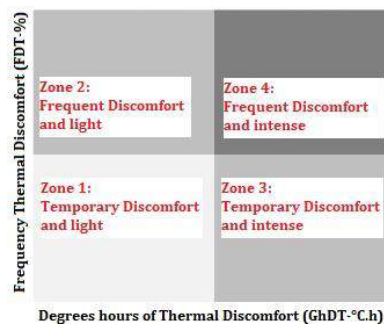


Figure 8. Buoyancy diagram of FDT and GhDT. Source: Adapted from Sicurella et al., 2012

The simulations were carried out to the classrooms 01, 06 and computer lab 01, located on the ground floor and upper floor equivalents for rooms are located at the ends of the building and have larger envelopment area exposed to solar incidence and electronic equipment in the laboratories (Fig. 9).

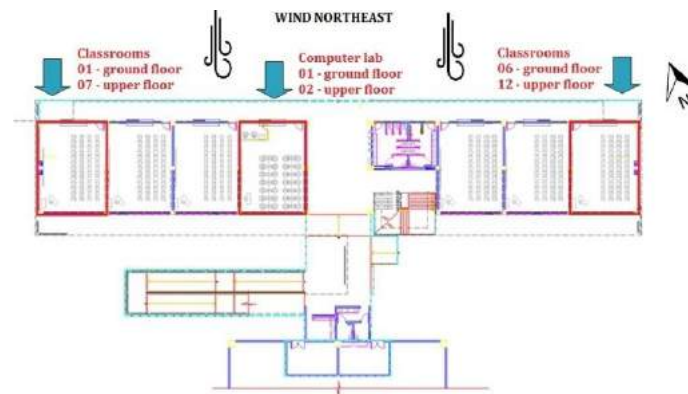


Figure 9. Schematic layout of the analyzed environments. Source: Adapted from UFES, 2006

For the definition of the days analyzed, we used a normal model of probability and statistical interference, based on the use of external air temperatures in summer days, defining the valid days of effective analysis, determining an operational temperature range with 99% confidence, resulting in the final set of 23 days, namely, 552 hours (Table 2). The comfort temperature ranges for the summer months in study were established from the adaptive comfort chart of ASHRAE standard 55, adopting the temperatures obtained through computer simulations (Table 3) (Nico-Rodrigues, 2015; Nico-Rodrigues et al., 2015).

Table 2. Set of days defined by the confidence interval for the summer period

Months	Analyzed dates									
December	21									
January	5	6	17	22	25					
February	1	5	8	9	10	19	20	21	25	26
March	1	3	6	9	10	11	17			

Table 3. Monthly averages of external air temperature/ Thermal comfort range

Months	Monthly average external air temperature	Comfort temperature range - Adaptive model ASHRAE 55 (Min. - Max.)
December	26.86°C	23.61°C – 28.61°C
January	26,35°C	23.45°C – 28.45°C
February	25,76°C	23.27°C – 28.27°C
March	26,65°C	23.55°C – 28.55°C

3. RESULTS

To the maximum values of the indicators for the season of the summer, were established the FDT-% (100%) = 552 h or 23 days and GhDT-°C.h = 62.75°C, reached on March 17 date for the computer lab 02 in the upper floor.

The study diagnosed the widespread occurrence, uncomfortable environments, demonstrated that the indicators are non-conforming virtually throughout the analysis period. It has an average range of occurrence of GhDT of 14.54°C.h to 39.60°C.h, indicating temperatures above the range of comfort. Similarly, there was an average range of occurrence of FDT 49.68% to 64%, pointing to a daily frequency in occurrence of discomfort (Table 4).

For the month of March, where all the days analyzed showed high temperature and frequency, the day 17, characterized as the largest day FDT, between 18 and 21 hours of the day (Table 5).

Table 4. Results by environments

Environments	Total GhDT (°C.h)	Average GhDT (°C.h)	Average FDT (%)	Total FDT (h)	Average (23 days) FDT (h)
Ground floor					
Classroom - 01	334.42	14.54	49.68	274	12
Classroom - 06	335.97	14.61	50.40	278	12
Computer lab - 01	768.56	33.42	56.93	314	14
Upper floor					
Classroom - 07	435.72	18.94	56.02	309	13
Classroom - 12	437.03	19.00	55.66	307	13
Computer lab - 02	910.75	39.60	64.00	353	15

Table 5. FDT - Extract daily results - march

Dates		1/3	3/3	6/3	9/3	10/3	11/3	17/3
Ground floor								
Classroom - 01	FDT (%)	66.72	66.72	58.38	66.72	66.72	37.53	75.06
	FDT (h)	16	16	14	16	16	9	18
Classroom - 06	FDT (%)	66.72	66.72	66.72	66.72	70.89	41.70	75.06
	FDT (h)	16	16	16	16	17	10	18
Computer lab - 01	FDT (%)	70.89	70.89	66.72	75.06	75.06	45.87	83.40

	FDT (h)	17	17	16	18	18	11	20
	Upper floor							
Classroom - 07	FDT (%)	66.72	66.72	58.38	70.89	70.89	45.87	79.23
	FDT (h)	16	16	14	17	17	11	19
Classroom - 12	FDT (%)	66.72	66.72	58.38	70.89	70.89	45.87	79.23
	FDT (h)	16	16	14	17	17	11	19
Computer lab - 02	FDT (%)	79.23	75.06	66.72	79.23	79.23	54.21	87.57
	FDT (h)	19	18	16	19	19	13	21

Comparing the indices of classrooms with computer labs, the classrooms present frequent and slight discomfort, with temperatures slightly above the comfort temperature and lower maximum values compared to laboratories (Fig. 10).

The laboratories present frequent and intense discomfort, with temperatures above the comfort temperature and maximum values higher than the classrooms, with larger and more negative buoyancy, showing high temperatures for longer period of the day, caused by electronic equipment (Fig. 10).

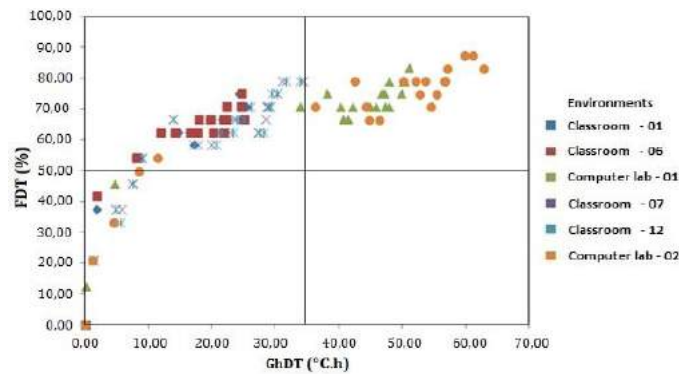


Figure 10. Diagram of buoyancy of environments

The resulting discomfort demonstrates that even the environments having one of the walls protected with a space with porch, which assists in blocking solar incidence, the obtained values still remained above the comfort temperature, a fact noted by the absence of night ventilation, since the window model does not provide constant ventilation and thermal inertia increases the internal temperature overnight. The thermal gain of the equipment and the user, as well as the envelopment and roof increases the internal temperature, increased by the absence of night ventilation.

The comparison of environments between decks pointed to an increase in the indicators of FDT and GhDT, demonstrating an important interference factor in the thermal gains by inefficient roof system (Figs. 11-12).

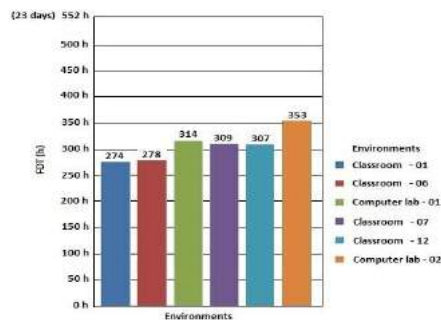


Figure 11. Hours in thermal discomfort equivalent to FDT-% in 23 days analyzed

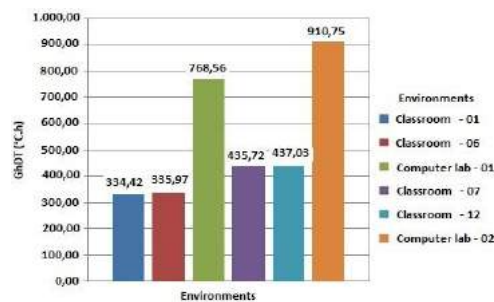


Figure 12. Sum of the GhDT-°C.h in 23 days analyzed

4. CONCLUSIONS

The results presented by the simulations showed high percentages of FDT and GhDT for all environments. Was evidenced that the configuration of the architectural typology and envelopment elements that are commonly used in buildings of the campus of CEUNES directly influence for the creation of ambiances uncomfortable.

An important factor of increase in the negative performance observed in the study is related to the typology of maxim-ar type windows used in construction and widespread on campus, and its relationship with the night ventilation. Its structure is completely fenced to ventilation, without any element that allows the renewal of the air when closed, requiring the need for manual opening, for only thus allowing natural ventilation and air renewal.

The method of analysis allowed to quantify the disparity between the operative temperature which exceeds the limit of adaptive comfort temperature set for the period. In this way, allow to characterize the environments according to the simulated environmental conditions, making possible performance improvement interventions, even so, allow the establishment of data for the development of future projects for campus and region, with higher quality and thermal efficiency.

The simulations have made it possible to conclude that the materials specified for the envelopment, widespread and found in other buildings on campus, do not offer satisfactory thermal performance for comfort. The results showed the need of intervention actions in order to improve the performance of the environments examined. In accordance with Nico-Rodrigues (2015), there is a need for the adoption of protective envelopment shaders, as well as the need for more efficient materials specification, especially for the system of roof in horizontal buildings cover.

It is observed that in the current reality is indispensable to artificial conditioning prerogative on warmer days and times of the summer, but at the same time it is feasible that by specifying more efficient materials achieve a reduction in the frequency and intensity of the indoor temperature in building environments studied.

5. REFERENCES

- Armelin, H.S.; Cherry, N. 2004. Avaliação do uso e desempenho de barreiras de radiação térmica na construção civil. *Revista E-Mat.*, vol. 1, n. 1, p. 79-82.
- American National Standards Institute/American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ANSI/ASHRAE). 2014. STANDARD 55 - Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). 2005a. NBR 15220-2: *Desempenho térmico de edificações - Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e fator solar de elementos e componentes de edificações*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). 2005b. NBR 15220-3: *Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). 2013. NBR 15575-5: *Edificações habitacionais - Desempenho - Parte 5: Requisitos para sistemas de coberturas*. Rio de Janeiro.
- Bissoli-Dalvi, M.; Rembiski, F.D. & Alvarez, C.E. 2011. Materiais de construção com características sustentáveis e reaproveitáveis: oferta no Estado do Espírito Santo (Brasil). *Revista Hábitat*

Sustentable, 1, vol. 1: 25-34.

Carvajal, C.I. 2004. *Proposición de una metodología de evaluación de la sustentabilidad de los materiales de construcción y la generación de um sello verde*. Tese-Universidade de Valparaíso, 143p, Valparaíso.

Corbella, O. & Yannas, S. 2009. *Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos: Conforto Ambiental*. Rio de Janeiro: Revan.

Costa, E.C. da. 2005. *Ventilação*. São Paulo: Edgard Blucher.

DesignBuilder. 2012. DesignBuilder Software Ltda. Versão 3.1.0.068 - Beta.

Frota, A.B & Schiffer, S.R. 2009. *Manual de conforto térmico. 8ª ed.* São Paulo: Studio Nobel.

Google Earth. 2016. Google Earth, versão 7.1.2.2016.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 2010. *Censo 2010: população do Brasil é de 190.732.694 pessoas*. Disponível em <<http://censo2010.ibge.gov.br/noticias-censo?busca=1&id=3&idnoticia=1766&view=noticia>>. Acesso em 05 fev. 2014.

Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER). 2011. Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural PROATER 2011-2013.

Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER). 2014. Média mensal da temperatura máxima e mínima no período de 1984 a 2014 - São Mateus-ES. Disponível em: <http://hidrometeorologia.incaper.es.gov.br/?pagina=saomateus_sh>. Acesso em 2 abr. 2016.

Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). 2014. Ministério do Meio Ambiente. Eficiência Energética e Conservação de Energia. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/energia/eficiencia-energetica>>. Acesso em 3 mai. de 2014.

Liping, W. & Hien, W.N. 2007. The impacts of ventilation strategies and façade on indoor thermal environment for naturally ventilated residential buildings in Singapore. *Building and Environment*, v. 42, p. 4006-4015.

Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS). 2014. Carga de demanda - SIN. 2014. Disponível em: <http://www.ons.org.br/historico/carga_propria_de_demanda_out.aspx>. Acesso em 13 fev. 2014.

Nico-Rodrigues, E.A. 2008. *Janelas x Ventilação: modelo de apoio à escolha para edificações multifamiliares em Vitória*, ES. Dissertação-UFES. Vitória: 177p.

Nico-Rodrigues, E.A. 2015. *Influência da janela no desempenho térmico de ambientes ventilados naturalmente*. Tese-Universidad del Bio-Bío. Concepción, Chile.

Nico-Rodrigues, E.A.; Alvarez, C.E. de; Santo, A.D. & Piderit, M.B. 2015. Quando a janela define a condição de desempenho térmico em ambientes ventilados naturalmente: caso específico das edificações multifamiliares em Vitória, ES. *Ambiente Construído*, v. 15, n.2, p. 7-23, abr./jun.

Roriz, M.; Ghisi, E. & Lamberts, R. 2001. *Um Zoneamento Bioclimático para a Arquitetura no Brasil*. Jornada sobre clima e aplicação na comunidade de países de língua oficial portuguesa. Maceió, 1-7.

Santo, A.D.; Alvarez, C.E. & Nico-Rodrigues, E.A. 2013. Conforto e Desempenho Térmico em Contradição na NBR 15575. *Cadernos PROARQ 20*, v. 20, 116-136.

Scaldo, V.A.; Pereira, F.O.R.; & Rigatti, D. 2010. *Impacto de novas edificações na vizinhança: proposta de método para análise das condições de iluminação natural e de insolação*. Porto Alegre: v. 10, n. 2.

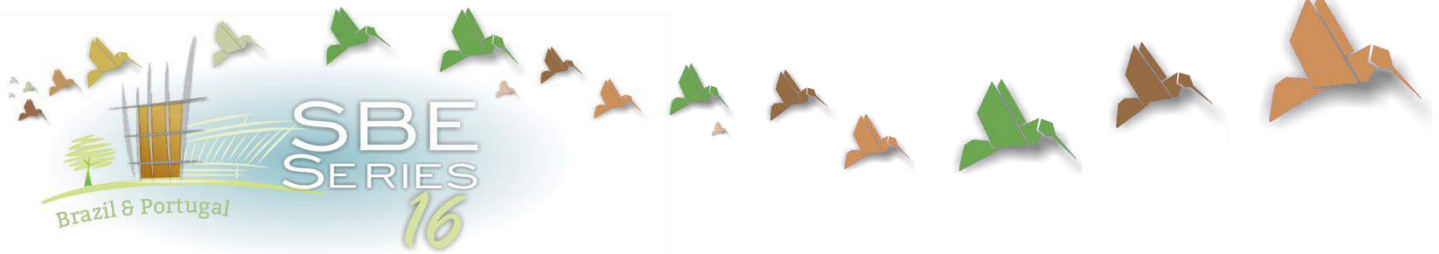
Sicurella, F.; Evola, G. & Wurtz, E.A. 2012. Statistical Approach for the Evaluation of Thermal and Visual Comfort in Free-Running Buildings. *Energy and Buildings*, v. 47, p. 402-410.

Silveira, F.M. & Labaki, L.C. 2012. Análise do desempenho térmico para edificações residenciais ventiladas naturalmente através de simulação computacional baseada em abordagem adaptativa. *XIV ENTAC 2012*.

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). 2012. (LabEEE). Arquivos climáticos. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos>>. Acesso em: 15 dez. 2013.

Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). 2006. (LPP). Projeto arquitetônico edifícios 09 e 10 - Salas de Aula e auditório. Lima, A.L. de A.; et al. AutoCad Drawing - DWG.Vitória.

Venâncio, R. 2009. (Labcon). Manual de treinamento para o programa DesignBuilder versão 2.0. UFRN. Natal.



Heliodon's Use for the Development of Bioclimatic Architecture Projects in for the city of Araras, São Paulo - Brazil

Juliana M. A. do Nascimento

Architect and Urbanist, Araras, SP, Brazil.

juli_nascimento@yahoo.com.br

Helenice M. Sacht

PhD Professor, Civil Engineering of Infrastructure, Federal University of Latin American Integration, Foz do Iguaçu

helenice.sacht@unila.edu.br

Luís Bragança

PhD Associate Professor, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal

braganca@civil.uminho.pt

ABSTRACT: Bioclimatic architecture consider that the climate is an important variable in the design process. In this context, environment comfort can be naturally obtained for the users of buildings by using bioclimatic strategies, which depending on the climate, the construction techniques and the type of use. In this process, the sun is an important aspect, leading the architects and engineers to focus their attention towards this parameter. In this way, the sun has been a part of the problem, as well a solution for buildings: too much sunlight will lead to heating and daylighting excessive. Considering these aspects, the main objective of this work is to identify the potential of the use of heliodon by means of a case study, in order to evaluate the bioclimatic strategies for buildings for the climate of the city of Araras, São Paulo State – Brazil, mainly on aspects related to the design of shading devices. The heliodon, used in this study, is an equipment that allows the analysis of sunlight effects on physical models of constructions or urban design, aiming the reproduction of the actual direction of sunlight in relation to a building. As a results, the heliodon have shown to be a reliable tool for architects and students to be used in the development of projects in bioclimatic architecture because it allows the visualization and calculation of solar effects at the window, buildings or urban design, showing the solar patterns, insolation and shadings effects in the buildings for clear sky conditions.

Keywords *Bioclimatic Architecture; Heliodon; Insolation, Shading devices.*

1. INTRODUCTION

The architecture has sought throughout history the development of environmental control tools that can provide shelter and comfort for the man, and the climate of each city has been the determining factor in defining the used architectural concepts, materials and construction techniques. In this way, the study of climate and its relation to the design practice is increasingly becoming a differential in the architectural field.

There are different terms related to bioclimatic architecture as "Green Architecture", "Ecological Architecture", "Bioconstruction", "Bioclimatic Architecture", "Eco-Efficient Architecture" and "Passive Solar Architecture." There are also different ways of relating architecture with the environment by using similar or close meanings, and they are directly related to the sustainable architecture subject.

In the context of bioclimatic architecture, there are two major parameters: (i) a multidisciplinary approach that requires the development of efficient projects and (ii) its insertion into the sustainability subject, searching an efficient passive design. In this way, is necessary to understand that there is not a perfect solution and this concept can be applicable to all situations. However, numerous mechanisms can be selected in order to find an appropriate solution for a given problem (Lanham et al, 2004), and this will give birth to a more sustainable architecture.

Considering these aspects, the study of strategies for bioclimatic architecture is extremely important to the current context of buildings and urban environment. In this context, the design and use of shading devices in buildings is highlighted since an adequate design can maximize shading during summer while allowing direct sunlight and heat gain during the winter. For the hottest climates, the need for shading throughout the warm season generates the greatest energy savings.

In Brazil, the knowledge of solar geometry is critical for engineers and architects once the most part of the territory has warm summers with long periods of sunshine, having the shading as one of the most suitable bioclimatic strategies. In this way, the solar protections are used when direct solar radiation is not desired within the environment. The design of the protections (or brises) requires knowledge of the movements of the Sun and Earth and its effects in the eye of the observant, that can be described as a point, a line, a plane as a wall or window or volume (in the case of a building) (Lamberts et. al, 2011). Thus, to developed this type of study, an equipment called Heliodon can be used in order to simulate the "apparent movement of the sun" (Fig. 1).



Figure 1. Heliodon

Reference: Heliodon - Simulador da Trajetória Solar, 2014.

Solar radiation can be understood as a short electromagnetic wave, responsible for the energy on the planet because it is their main source. The elliptical path of the Earth around the Sun, with the rotation of the earth, determines the variations in the intensity of radiation throughout the year and during the day, respectively.

Insolation study is one of the most important aspects of the thermal comfort of a building. In this context, the Heliodon, that is an equipment for the test of sunlight effects on physical models of constructions or urban design that reproduces the actual direction of sunlight in relation to a building, can be used. The Heliodon can be considered as a useful analysis tool of insolation in architectural projects. In this study, an equipment available in Laboratory of Environmental Comfort of University Center Dr. Edmundo Ulson - UNAR was used, and it allows the observation of apparent trajectory of the sun in the desired latitude in significant periods of the year, corresponding to the spring and autumn equinoxes, and the summer and winter solstices.

Thus, the main objective of this work was to identify the potential of the use of Heliodon for the study of bioclimatic strategies for buildings considering the climate of the city of Araras, countryside of São Paulo State, Brazil, mainly on the aspects related to the design of shading devices.

2. METHODOLOGY

In this work, the study of insolation, performed with the use of Heliodon, followed the steps herein presented: (i) study of the area of buildings recently constructed in the city of Araras/São Paulo; (ii) idealization and construction of the models; (iii) tests of the models by using the heliodon and (iv) analysis of results.

2.1 Survey about residential projects approved in the city of Araras-SP

A survey was carried out in order to obtain average building area for new constructions in the city of Araras. Later, this data was used to simulate the average building area in heliodon. According to the obtained results, among 100 the new constructions sites found in the city of Araras, 76% were single-story and 24% of two-storey. The distribution of types by number of pavements and bedrooms (1B, 2B, 3B and 4B) is presented in Figure 2.

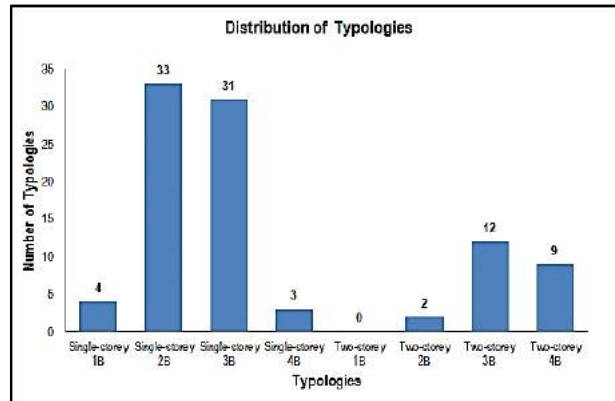


Figure 2. Distribution of typologies by number of bedrooms.
 B= Bedroom

For single-storey typologies, 15% of the data were discarded, which corresponds to 11 typologies, considering the extreme values of areas (higher and lower than its average). Then, an average area of 137.78 m² was considered in the simulation, as shown in Figure 3.

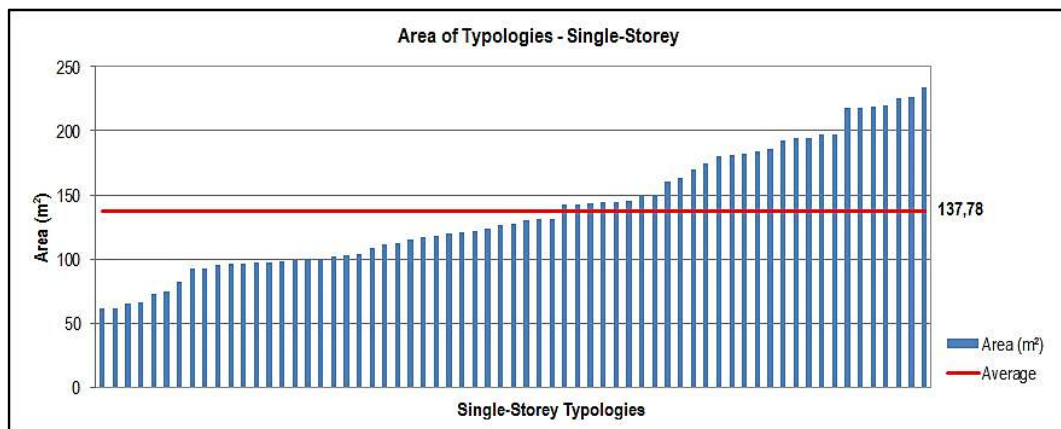


Figure 3. Average area of single-storey typologies.

As 56% of typologies are rectangular, this format will be used in the simulation of the models. For the two-storey typologies, 10% of the data were discarded, which corresponds of 2 typologies. In this case, the larger area ratios were discarded since they are above of the data average. Thus, an average area of have 295,47m² was used in the simulation of the two-storey buildings, as shown in Figure 4.

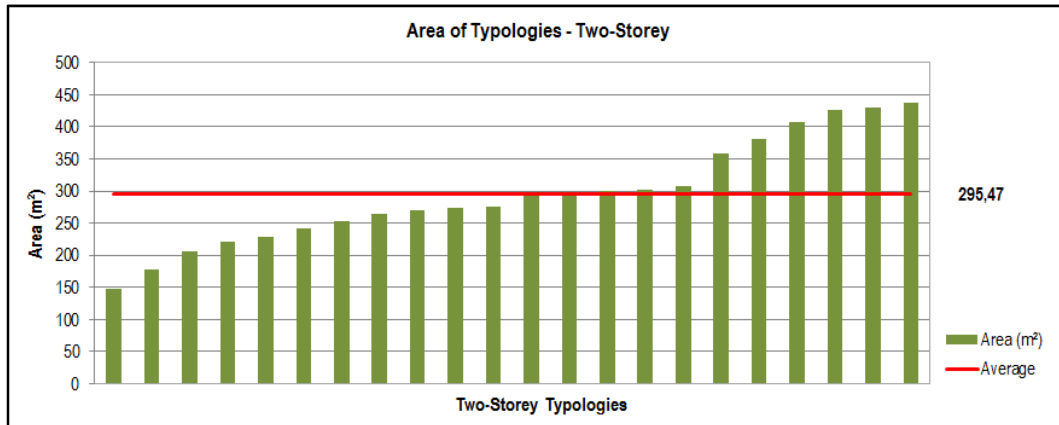


Figure 4. Average area of the two-storey typologies.

2.2 Idealization and construction of the models

For the construction of the single-storey and two-storey models, with the respective areas of 137.78 and 295.47 m², it was taken into consideration the minimum area of a residential lot for Araras, that should present, according to the Urban Master Plan, the dimensions are 10m x 25m (250m²). Also, the buildings should present 1.50m on the sides and 4.00 m of front setback.

The size of each model was based on the geometry of the Golden Rectangle (Fig. 5), that can be obtained by drawing a perpendicular line to the longer side of the rectangle, obtaining a square with sides of the same extent as the lower side of the original rectangle, and another straight rectangle with the rectangle proportional to the original measurements.

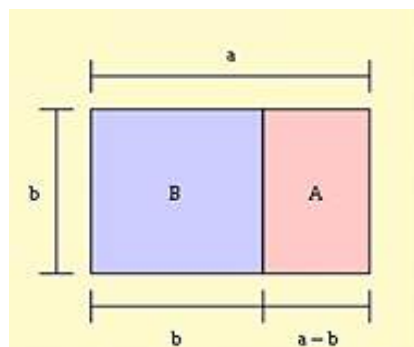


Figure 5. Golden Rectangle.

According to the golden rectangle rule, "b" is equal to 7.00m, obtaining a 'B' equal to 49.00m² (i.e., 7 x 7), and "A + B" = 137.78m², so "A" is equal to 88.78m². Thus, "a" is equal to 19.68 meters for the single-story model,. That is, the first model of deck should be 7.00 x 19.68m.

The model with two floors should have a total of 295.47m². Considering the two floors, each one must contain 147.73 m². If "B" is equal to 49.00 square meters, then "A" is equal to 98.73 meters (i.e., from 147.73 to 49.00). Thus, "a" is equal to 21.10 meters. Therefore, the model should floor 27.00 x 21.10 meters in each floor. In this study, a scale model of 1: 100 was used in the construction of the models, as shown in Figure 6.

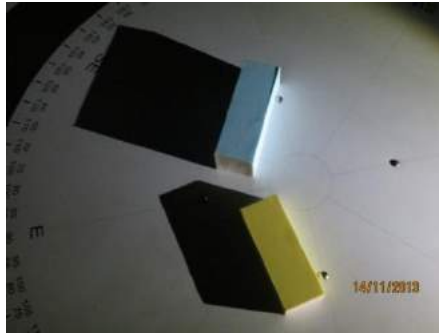


Figure 6. Models of single storey type (yellow) and two floors (blue).

3. RESULTS

In this work, the simulations in Heliodon were made for the following days: June 21 (8:00/12:00/16:00 hours) (Winter Solstice) and 21 December (8:00/24:00/16:00) (Summer Solstice), and the solar orientations vary during the tests. Thus, this variation was analysing by photographing them.

3.1 Use of the Heliodon

The insolation patterns are presented in Tables 2 to 6. During the image capture, there was a problem and some of specific hours data were corrupted and could not be used. However, the obtained images provide happens better understanding of insolation in typologies, considering that for each orientation were simulated three different schedules. For June, Heliodon was configured as shown in Table 1. The images obtained were presented in the Tables 2 and 3. For December, Heliodon was configured as shown in Table 4 and the images obtained were presented in the Tables 5 and 6.

Table 1. Configuration of Heliodon for June 21 in Araras, SP.

Schedules	8:00	12:00	16:00
Solar Height	15.82	44.15	15.80
Azimute	55.7	0.0	55.7

Table 2. Simulations on Heliodon of single-storey on 21 June.

Solar Orientation \ Hour	8:00	12:00	16:00
North			
East			
South			
West			

Table 3. Simulations on Heliodon for 2 floors model on 21 June.

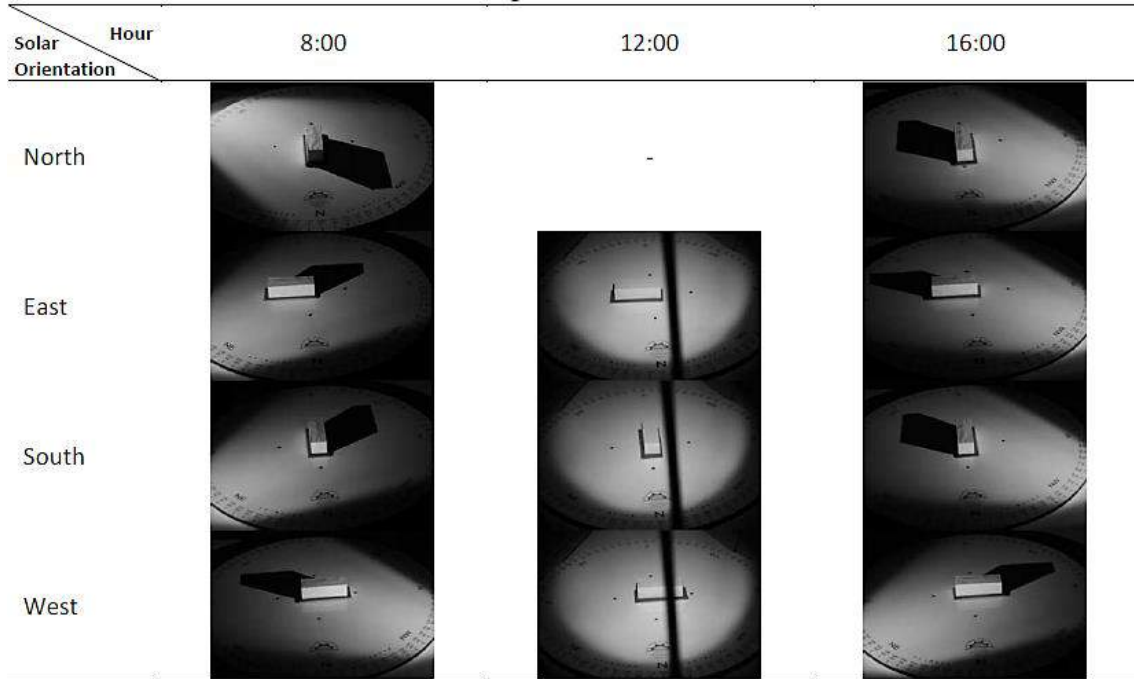


Table 4. Configuration of Heliodon for December 21 in Araras, SP.

Schedules	8:00	12:00	16:00
Height solar	28.02	88.96	35.14
Azimuth	78.7	179.2	103.7

Table 5. Simulations on Heliodon for single-storey model on 21 December.

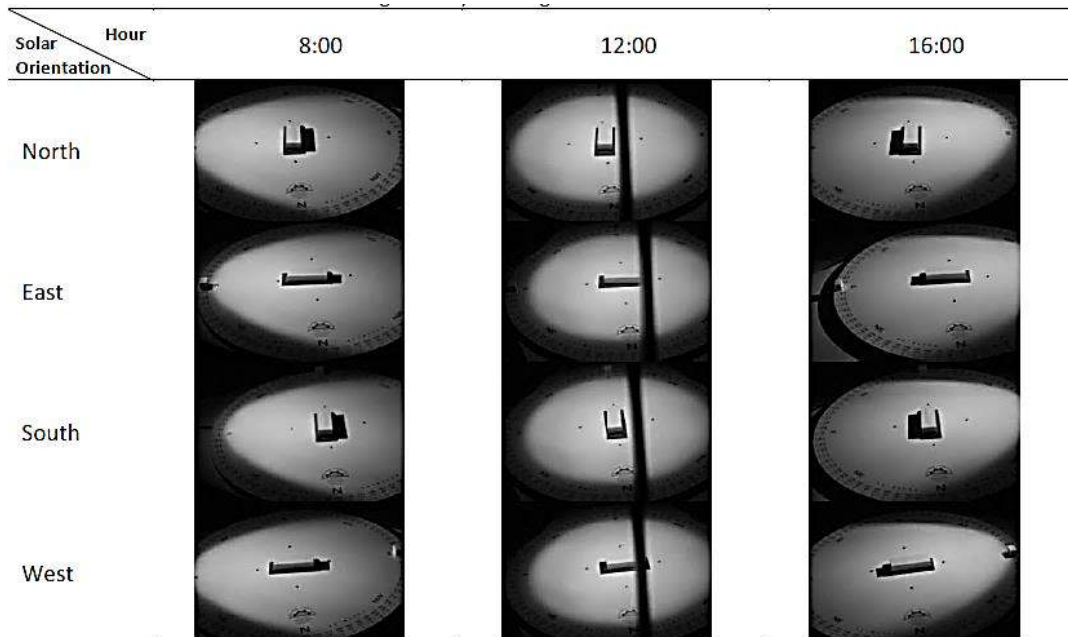
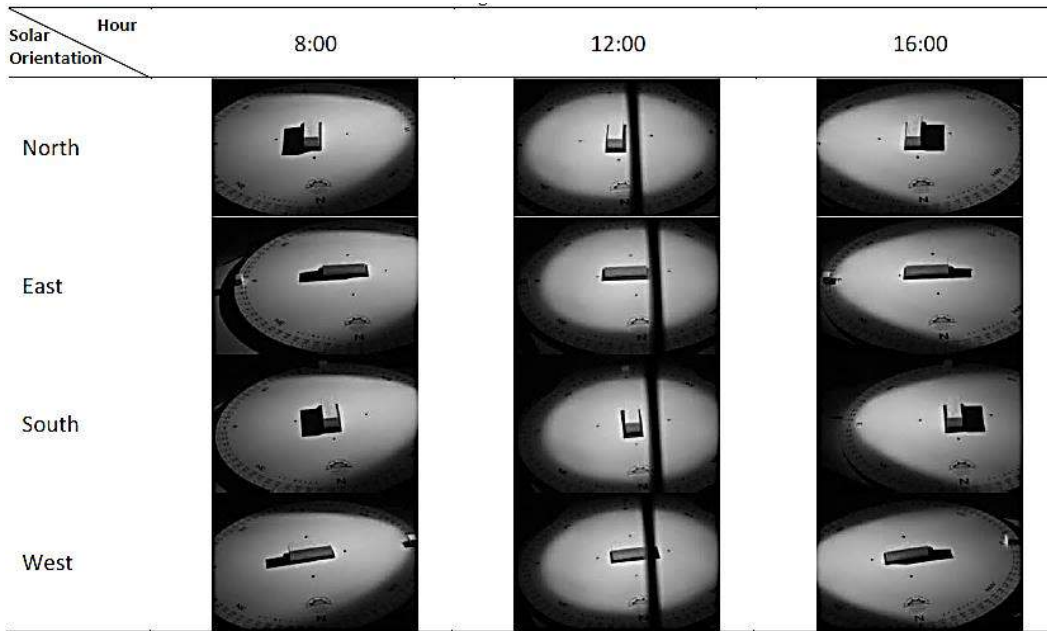


Table 6. Simulations in Heliodon for 2 floors model on 21 December.



3.2 Indication of solar protection devices

The design of the solar protection devices that forms the elements of the building's facade should be done during the architecture design. The study of their effectiveness is not always verified, compromising the the comfort and sustainability of the building . So, it is necessary to evaluate the apparent trajectory of the sun at every point on the planet and then design the solar protection devices in order to not allow the sun radiation entry into the building in warm periods and allow the entry of radiation when it is desirable. The study of the solar protection device, in this case, the brise soleil type, and its dimensions is performed in function of desired efficiency. Therefore, a brise will be considered effective when preventing the entry of sunlight in the desirable period.

In order to obtain a more detailed study is always important to use the solar chart. By the SOL-AR software, for example, it is possible to achieve the solar chart of the specified latitude, aiding in the design of shading devices through graphical visualization the angle of projection desired on the protractor of angles, which can be plotted for any orientation angle. Figure 7 shows the solar chart the city of Araras.

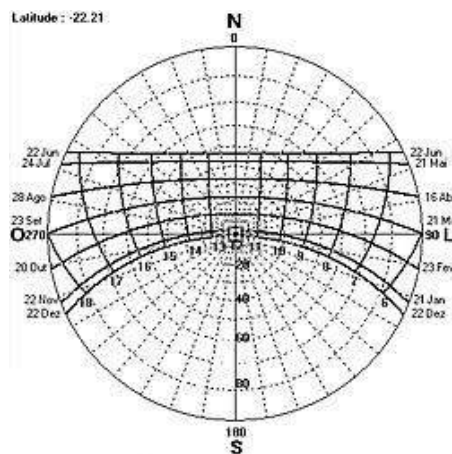


Figure 7. Solar Chart of Araras,SP city. Reference: SOL-AR 6.2 Software (2014)

Table 7 presents the types of brise soleil that can be used, or constructed, in the buildings, according to the face of the façade for the main directions (Northern, Southern, Eastern and Western) for the latitude of Araras (South Hemisphere).

Table 7. Type of shading devices for buildings according to solar orientation.

Face of the terrain	Brise soleil type	Observations
Northern	Horizontal	This device provides shading and may be composed of a single element or multiple small components.
Southern	Indifferent	For this solar orientation occurs low incidence of light to Araras, requires practically no brise soleil, unless it is for aesthetic reasons.
Eastern	Horizontal, Vertical or mixed	The use of horizontal brise soleil occurs when is wanted protection for a certain schedule, because usually in the early morning the radiation is desirable for the morning sun. The vertical brise soleil completely covers the aperture, and the mixed brise soleil includes both vertical and horizontal.
Western	Vertical or mixed.	The vertical brise soleil is efficient to protect openings positioned on the eastern and western directions, and if is movable the efficiency is even higher. In the case of being mixed, includes the characteristics of the horizontal and vertical brise soleil.

The shading of the northern façades includes horizontal elements. Using this type of device it is possible to prevent solar gain in the summer, allowing the entry of radiation in the winter.

The ideal is to obtain the compatibility of the protection elements of the northern solar orientation with the eastern and the western, when the openings are adjacent. In this case, for instance, the horizontal brise soleil placed in the eastern should be extended and in the western should be introduced vertical elements. The protection elements also should take care for the eastern and western to the solar orientation northern once to the permanent environments with glazing oriented to north receive large amount of solar radiation.

The southern façade receives low incidence of radiation (South hemisphere) thus practically, is not necessary to use the brise soleil, unless you desire a similar aesthetic effect to other facades. If the option is open glazed openings to heat up the environment during the winter, this orientation is not a correct option, instead it shall be well insulated and have few glazings.

To shade the east facade the horizontal brise soleil are recommended. As in most cases it is not intended to obtain the total shading of the façade (but in a certain schedule and specific dates, for example, in summer), it not make sense to use a vertical protection element, because the same provides shading from the beginning of the sunrise, period that the usually radiation is desired. Therefore, the objectives of the sun protection element should be analysed.

For the shading of the west facade a pivoting vertical brise soleil, positioned across the all glazing height, is recommended in order to protect the building especially during the hottest months of the year. On the other hand, during the winter and during the day, it is ideal that the element could be deactivated to allow the entry of solar radiation and the consequent passive heating of the environment.

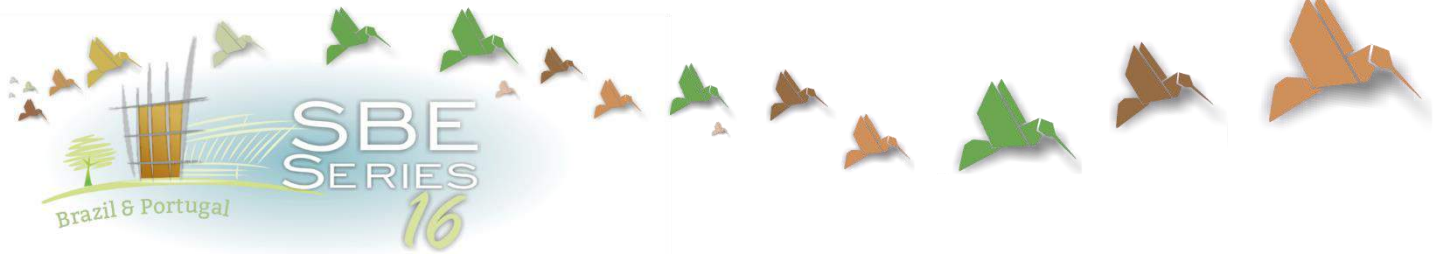
4. CONCLUSIONS

It was observed that the heliodon is a very useful tool for analysis of the solar trajectory for the study of architectural project. Some recommendations can be made, for example, in relation to the use of equipment: is ideal that the North be always visible in the model; for evaluating, the user should take pictures always in the same position, or with the use of a tripod, in order to avoid mistakes in their interpretation due to the difference in angles view.

According to the obtained results some conclusions were made in relation the limitations given by the heliodon: the only existing arc, even allowing movement, often gets in front of the shade that need to be photographed (mostly for schedules next noon day), limiting the visualization of it to certain solar orientation and schedules. However, the fact that is a mobile arc, that rotates with the base and allows the movement of light to any schedule, allows a good amount of analysis.

REFERENCES

- Bittencourt, L. 2008. *Uso das Cartas Solares*. Edufal: Maceió.
- Frota, A. B. 2004. *Geometria da Insolação*. São Paulo: Geros.
- Goulart, S. V. G. 2007. *Sustentabilidade no Edifício e no Espaço Urbano*. Apostila da Disciplina de Desempenho Térmico das Edificações - ECV 5161. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis. 2013.
- Lamberts, R.; Ghisi, E.; & Papst, A. L. 2000. *Desempenho térmico de edificações. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações*, Núcleo de Pesquisa em Construção, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.
- Lamberts, R.; Ghisi, E.; Papst, A. L.; Carlos, J. C.; Batista, J. O.; Marinoski, D. L.; Naranjo, A. 2011. *Desempenho térmico de edificações*. Disciplina ECV 5161. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Núcleo de Pesquisa em Construção, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.
- Lanham, A.; Gama, P.; Braz, R. 2004. *Arquitetura Bioclimática: Perspectivas de inovação e futuro*. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa, Seminários de Inovação.
- Nascimento, J. 2013. *Estratégias Bioclimáticas para o Clima de Araras-SP: Edifício e Desenho Urbano*. Relatório Final de pesquisa. Centro Universitário de Araras “Dr. Edmundo Ulson” - UNAR, Architecture and Urbanism. Araras.
- Nascimento, J. M. A.; Sacht, H. M. 2013. Estratégias Bioclimáticas para Edifícios Destinados ao Clima da Cidade de Araras-SP. UNAR. *Revista Científica do Centro Universitário de Araras "Dr. Edmundo Ulson"*. v. 7, p. 07.
- Nascimento, J. M. A.; Sacht, H. M.; Braganca, L. 2013. *Bioclimatic Buildings Strategies for the Climate of Araras City, São Paulo - Brazil*. In: SB13 Portugal Contribution of Sustainable Building to Achieve the EU 20-20-20 Targets, 2013, Guimarães. SB13 Portugal Contribution of Sustainable Building to Achieve the EU 20-20-20 Targets.



El uso de diseño paramétrico para la conformación de volúmenes de museos ambientalmente compatibles para el clima subtropical húmedo de Brasil

Laline Elisangela Cenci

Universidad Comunitaria Regional de Chapecó, Departamento de Ciencias Exactas y Ambientales, Chapecó (SC), Brasil.

laline.cenci@unochapeco.edu.br

Rodrigo García Alvarado

Universidad del Biobío, Departamento de Arquitectura, Construcción y Diseño, Concepción, Chile.

rgarcia@ubibio.cl

RESUMEN: El uso de herramientas paramétricas en la concepción de un edificio es un importante cambio que las tecnologías han proporcionado en el proceso de diseño. Por otro lado, los museos presentan un creciente desarrollo en el mundo, promoviendo nuevas edificaciones con expresiones arquitectónicas significativas y diversas actividades culturales. El problema a investigar tiene su origen en que algunos materiales presentes en las obras expuestas tienen diferentes necesidades higrotérmicas que, en la mayoría de los casos no tienen correspondencia con las condiciones de satisfacción térmica requeridas por los usuarios. La metodología utilizada se basa en el *Simultaneousness Index*, propuesto el año 2007 en Italia, ampliando su aplicación en museos ubicados en diferentes áreas climáticas. A partir de este método se revisan las condiciones de tres museos de arte contemporáneo en Brasil, concentrados mayoritariamente en el clima subtropical húmedo, con el objetivo de revisar los parámetros ambientales requeridos para estos casos, verificar la simultaneidad de satisfacción higrotérmica obra-visitante y discutir sus configuraciones formales en relación a la demanda energética. Los resultados muestran los desempeños de compatibilidad ambiental para invierno y verano y sugieren la influencia de sus estrategias formales en la satisfacción térmica y demanda energética. Finalmente, se propone una herramienta de diseño paramétrico que se basa en las condiciones del mejor caso de estudio que generan nuevas posibilidades de diseño con las mismas características geométricas, promoviendo volúmenes de edificios ambientalmente adecuadas para la compatibilidad ambiental de nuevos edificios de museo de arte en el clima subtropical húmedo.

Palabras-claves *Diseño Paramétrico. Museos de Arte. Compatibilidad Ambiental. Clima Subtropical Húmedo de Brasil.*

1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el estudio del *Instituto Brasileiro de Museus* (IBRAM, 2013), Brasil inició el siglo XX con 12 museos, y ahora cuenta con 3200 entidades. Se ha evaluado que en 2009 los museos brasileños fueron visitados por cerca de 82 millones de personas y, de los 5.564 municipios brasileños, un 21,1% (1.172) poseen, al menos, un museo. La meta del Gobierno es que la mitad de las ciudades brasileñas tenga por lo menos un museo hacia el 2020, lo que implicaría más de 2.000 nuevos museos en el país, con más de 250 millones de visitantes al año, la mayor parte localizados en climas cálidos. Estas consideraciones motivan el estudio del diseño y gestión del ambiente interior de los nuevos edificios, especialmente en estas zonas.

Para asegurar el buen funcionamiento de un museo es fundamental mantener sus colecciones dentro de valores ambientales adecuados para su preservación y garantizar, al mismo tiempo, que las condiciones de confort sean las apropiadas para los visitantes. Los conflictos existentes en las condiciones ambientales en museos fueron aclarados por Gennusa et al. (2008), a través de un "*Simultaneous Index*" (índice de simultaneidad) propuesto desde la Normativa Italiana de Museos, por medio de una matriz de interacción de distintos materiales que componen las obras de arte, combinada con las condiciones térmicas para el confort del usuario según el método de PMV de Fanger. El método permitió desarrollar un diagrama para curadores de museos donde se pueden visualizar rangos comunes de temperatura y humedad para las obras y usuarios. Este procedimiento fue probado en salas de exposiciones en Italia, regulando la velocidad del aire en invierno y verano. A partir de esta experiencia la, se evaluaron tres estudios de caso en el clima subtropical húmedo de Brasil.

El estudio objetiva la implementación de algoritmos en una plataforma de diseño paramétrica basada en los estudios de caso, para la concepción de edificios ambientalmente compatibles. Es posible decir que estos sistemas se componen de mecanismos relativamente simples que consiguen asociar y entregar de forma rápida resultados en torno a la manipulación e integración de diferentes criterios de diseño. De esta manera, el diseño puede llegar a ser concebido como una búsqueda óptima y apropiada para asistir a la Compatibilidad Ambiental en los edificios.

2. CONDICIONES AMBIENTALES Y LA COMPLEJIDAD DEL DISEÑO

El clima es el agente exterior de primer orden al momento de iniciar el proceso de diseño arquitectónico, porque tiene una fuerte influencia en factores como: la forma del volumen, el color, la orientación y organización de los espacios, el confort del usuario, la conservación de los objetos, la iluminación interior, la integración con el medio natural y urbano, los materiales y sistemas constructivos y la localización. La construcción dependerá, en gran medida, de la rigurosidad del clima y sus exigencias. Considerando la capacidad que tiene el edificio de captar radiación solar en el invierno y/o exponer menor superficie en el verano, son factores que pueden determinar el grado de confort de sus usuarios y, consecuentemente, el gasto de energía, un modo de evaluar la geometría del edificio, para ser eficiente desde el punto de vista energético y coherente con el clima donde esta insertado, es el Factor de Forma.

Según Serra y Coch (1995), cuatro aspectos pueden ser relacionados con la geometría de la forma son la compacidad, la esbeltez, la porosidad y la perforación. Estos autores establecen ecuaciones que evalúan los aspectos de geometría del edificio relacionándolos con el comportamiento térmico ambiental. Afirman, además, que para el Factor de Forma no es regular porque su fórmula de superficie dividida por volumen es dimensional. Debido a ello, un edificio más compacto que otro, si tiene un volumen más grande, puede resultar con un Factor de Forma más pequeño, lo cual es conceptualmente ilógico. Igualmente, dos edificios de forma idéntica, pero de tamaños distintos, tendrán factores de forma diferentes. Por lo que sugieren un valor absoluto de compacidad. En cuanto a la esbeltez, dan una idea de que las proporciones generales de un edificio, desde el punto de vista de lo alargado que sea en sentido vertical y su repercusión térmico ambiental, está determinada por el hecho que, a mayor esbeltez, hay menos superficie de contacto con el terreno y, por lo tanto, mayor exposición climática (radiación, vientos, etc.). También se debe contar con que, a menor altura, aumentan los problemas interiores de estratificación del aire. En general, no hay climas donde sea recomendable una esbeltez mayor.

Así mismo, un alto grado de porosidad significa que tiene mucha superficie de intercambio con el ambiente exterior, por lo que es más difícil aislarlo pero, al mismo tiempo, más fácil conseguir una buena ventilación de las zonas interiores. Otro aspecto a considerar es que ofrece la posibilidad de crear espacios intermedios con un microclima propio, que puede ser útil para aumentar la humedad del ambiente. De lo anterior se concluye que, en general, los edificios con patios sean recomendables para climas cálidos secos pero no recomendables para climas templados. Por último, la perforación de un edificio plantea que la permeabilidad de su envolvente arquitectónica al paso del aire, depende tanto de la superficie de perforación como de las dimensiones y la orientación relativa de las aberturas.

El edificio, por lo tanto, se considera un mecanismo de control térmico y ambiental donde el usuario se siente protegido, bajo efectos psicológicos y físicos aceptables. Siguiendo estos preceptos, es de suma importancia entender el objeto arquitectónico como un modificador del sistema natural que es, a su vez, modificado por las características del medio ambiente en el cual se inserta.

3. DISEÑO PARAMÉTRICO COMO HERRAMIENTA

El diseño paramétrico tiene su origen en las matemáticas, y el término se refiere a un valor o a una medida sobre la cual algo depende generalmente, representado por una variable, que puede ser alterada. En el diseño, el término ha sido asociado a la noción de variación del diseño, específicamente en el desarrollo de la representación computacional de un objeto y su modelado geométrico (Mitchell, 1994; Mc Cullough & Mitchell, 1996).

Por eso, los sistemas paramétricos se presentan como una nueva alternativa donde se combinan conceptos de diseño y programación para ser adaptados al campo del diseño, buscando explorar las posibilidades existentes en torno al desarrollo de una idea geométrica y para construir una nueva forma de pensar los problemas en este campo.

Actualmente existe un sinnúmero de herramientas de modelado tridimensional, sin embargo, estas cuentan con limitantes que no permiten que el proceso de modificación de la misma pueda ser efectuado de forma rápida y fácil. El diseño paramétrico ofrece la

posibilidad de encontrar nuevas maneras de originar soluciones y de controlar el proceso de diseño. De esta manera, se produce tanto una automatización respecto a la definición de las geometrías, así como en la generación de un modelo que posibilita cambios y/o ediciones al diseño de manera ágil y significativa (Tedeschi, 2011). La modelación paramétrica, también conocida por el concepto de modelado por restricción, introduce un cambio en el proceso de diseño, relacionando y alterando informaciones involucradas de manera sistematizada (Woodbury, 2010).

El diseño paramétrico funciona como un apoyo en el proceso de diseño y ha sido ampliamente utilizada en la arquitectura en los últimos años como un soporte frente al uso de herramientas computacionales (Singh, 2011). El uso de los algoritmos y el diseño paramétrico le da un giro al proceso de diseño tradicional que había estado ligado durante mucho tiempo a la experiencia e intuición del diseñador, quedando atrás así la etapa en donde solo se usaban juicios personales para seleccionar y evaluar la calidad de los diseños (Betancourt, 2013).

Asimismo estas herramientas pueden ser poderosas para el estudio del desempeño ambiental de los edificios (Caldas & Norford, 2002) porque permiten controlar definiciones de la forma arquitectónica. Aris, et al., (2006) muestran cómo el desarrollo de un diseño paramétrico es capaz de optimizar las aperturas de un espacio para conseguir el consumo energético mínimo y después diseñar alternativas de solución de posibles fachadas. Por otro lado Caldas (2002) hace uso del diseño paramétrico para minimizar el uso de aire acondicionado, electricidad y costos de la arquitectura. En muchos casos se han desarrollado herramientas de optimización y simulación como Tuhus-Dubrow & Krarti (2010) para el diseño de la forma y la fachada de un edificio en relación al consumo energético en diferentes climas. Otros autores usan los algoritmos genéticos en el proceso de diseño creativo para la generación de geometrías de edificios (Marin, et al., 2008).

El uso del diseño paramétrico en la arquitectura permite diversas aplicaciones. Turrin et al., (2011, 2012) presentan los beneficios derivados de combinar el modelos paramétrico y los algoritmos genéticos, para lograr el rendimiento de una solución geométrica en relación a las ganancias solares y luz natural con cubiertas. Wanget al., (2007) hacen una aplicación del diseño paramétrico para la solución de fachadas con rendimiento en confort térmico y ahorro energético. Se observa una tendencia que ha sido motivada actualmente por grandes fuentes teóricas y nuevas tecnologías.

4. DESCRIPCIÓN DE LOS CASOS DE ESTUDIO

Los tres casos de estudio son edificios recientes y significativos, construidos para ser museos y pertenecen al clima subtropical húmedo de Brasil, zona en el cual se encuentra la mayor parte de los museos en Brasil (65%). De este porcentaje, se eligieron las tres ciudades que cuentan con la mayor cantidad de museos: São Paulo, Curitiba y Porto Alegre, seleccionando un caso de cada ciudad. En la Tabla 1 se presentan sus características.

4.1 Caso 1 - Museu Brasileiro de la Escultura (MUBE-Figura1)

Localizado en São Paulo (-23°32'51"S / -46°38' 10" W) y diseñado por el arquitecto Paulo Mendes da Rocha, el edificio, inaugurado en 1994, ocupa un área de 7 mil metros

cuadrados. La condición enterrada del proyecto permite una menor ganancia térmica y, por lo tanto, un menor consumo energético para conservar sus obras. Sin embargo, como el sistema de aire acondicionado atiende a las tres salas, aunque funcionen independientemente, se mantiene sin aire acondicionado en gran parte del tiempo.



Figura 1. Museu Brasileiro de la Escultura. Fuente: MUBE.

4.2 Caso 2 - Museu Oscar Niemeyer (MON-Figura 2)

Localizado en Curitiba ($-25^{\circ}31' 52''S$ / $-49^{\circ}10'32''W$), está instalado frente al edificio histórico adaptado para museo e internamente conectado por un túnel. Este edificio de 30 metros de altura, conocido como el “ojo”, fue construido en el año 2002 y es uno de los ejemplos de arquitectura brasileña contemporánea. Su salón principal, ubicado en la parte convexa de la estructura, destina cerca de 1,6 mil metros cuadrados para exposiciones, cuyo punto más alto alcanza 12 metros. En su opuesto, el lado cóncavo, está ubicado el área de apoyo: auditorio y sala de reuniones. Según la institución, para mantener su clima interior, dentro de las normas de conservación de las obras y confort de sus visitantes, el consumo energético del edificio es muy alto (sin aire acondicionado, en su interior, se ha llegado a medir $55^{\circ}C$).



Figura 2. Museu Oscar Niemeyer. Fuente: Foto de la autora.

4.3 Caso 3 - Fundação Iberê Camargo (FIC-Figura 3)




Inaugurado en 2008, en Porto Alegre ($30^{\circ}01'59''S$ / $-51^{\circ}13'48''W$), el proyecto fue realizado por el arquitecto portugués Álvaro Siza Vieira. Está emplazado en la tangente de la trama urbana, frente al lago Guaíba, y en la estrecha porción plana que queda al costado de un cerro de baja altura. En la parte más profunda, está posicionado el volumen principal con una planta baja y 3 pisos, destinados a las salas de exposiciones interconectadas que, configuradas en forma de “L”, generan un atrio de 21 metros de altura. Todas las áreas de apoyo (acervo, auditorio, biblioteca, talleres, salas para cursos y los servicios públicos) están dispuestas en el subsuelo. Para minimizar la excavación, el edificio fue levantado a 1,4 metros de la cota cero del terreno. La temperatura y humedad interna de cada recinto del edificio son monitoreadas las 24 horas del día. El sistema de aire acondicionado enfría por la noche, cuando el costo de la energía eléctrica es más barato, para refrigerar el ambiente durante el día, reduciendo los costos de la operación y

umentando la utilización de la energía. Según la institución, el edificio consume del 30% al 40% menos de energía que una construcción convencional.



Figura 3. Fundación Iberé Camargo. Fuente: Foto de la autora.

Tabla 1. Características de los casos de estudio. Elaboración de la autora.

Parámetro:	MUBE	MON	FIC
			
Ape (m ²)	3071,34	2100	849
Atot (m ²)	3071,34	2934,5	2450
Aenv (m ²)	7092,92	5876	4947,5
Vtot (m ³)	19024	25223	14218,4
Apex (m ²)	1095	1500	1600
Ados	38	0,5	14
Ase (m)	- 4	+12	-1,4
AfN (m ²)	0	841,1	1115,26
AfS (m ²)	386,35	841,1	871,38
AfO (m ²)	0	976,35	81,6
AfP (m ²)	353,10	976,35	547,95
PaN (%)	0	0	11,3
PaS (%)	5,25	0	9
PaO (%)	0	73,35	0
PaP (%)	20,82	73,35	0
Altura Total	5	30	25
Compacidad	0,48	0,7	0,57
Esbeltez	0,01	0,03	0,04
Porosidad	0	0	0
Consumo (KWh/m ² año)	100	546	141
Compatibilidad Ambiental- C.A. (%)	62,5	79,2	82,7

Notas: **Ape**: Área de proyección horizontal edificio (m²). Excluido subsuelo; **Atot**: Área total de piso (m²). Suma de las áreas de piso medidas externamente; **Aenv**: Área de Envolvente (m²). Planos externos de la edificación: fachadas y coberturas; **Vtot**: Volumen total de la edificación (m³). Razón de área y altura; **Apex**: Área de Exposición declarada por la Institución (m²); **Ados**: Adosamiento. Adimensional. Porcentaje de Superficie en contacto con la tierra. (Aenv+Aproy=100%); **Ase**: Asentamiento (m). Desplazamiento desde la cuota cero; **AfN**: Área fachada Norte; **AfS**: Área fachada Sur; **AfO**: Área fachada Oriente; **AfP**: Área fachada Poniente; **PaN**: Porcentaje de apertura Norte; **PaS**: Porcentaje de apertura Sur; **PaO**: Porcentaje de apertura Oriente; **PaP**: Porcentaje de apertura Poniente; **Ais**: Aislación.

5. METODOLOGIA

La herramienta utilizada para la implementación de una plataforma de diseño está incorporada con el sistema de programación paramétrica Grasshopper® sobre la herramienta de modelado tridimensional Rhinoceros®. Según Turrin, et al., (2011) existen grandes beneficios derivados de combinar el modelo paramétrico y los algoritmos

en etapas tempranas del diseño ya que permite obtener rápidamente gran cantidad de soluciones a un problema mediante la exploración de distintas geometrías. Para el desarrollo de la implementación de las condiciones geométricas para los museos en el clima subtropical húmedo de Brasil, se utilizaron dos herramientas que se describen a continuación;

- Rhinoceros® es una herramienta para modelado 3D basado en NURBS- los NURBS permiten la construcción de una variedad de formas, independiente de su tamaño o grado de complejidad.
- Grasshopper® es un editor gráfico de algoritmos integrados con las herramientas de modelado 3D. Empleando conceptos de instrucciones lógicas, convierte las definiciones de los algoritmos en formas en la plataforma de Rhinoceros. Tal editor está orientado al diseño paramétrico y permite al usuario el manejo de componentes que ayudan a definir todo tipo de formas, operaciones matemáticas, operaciones entre sólidos y componentes auto programables, entre otros.

En primer lugar se definieron el dominio de criterios geométricos. Estos refieren a los casos de estudio y sus dimensiones reales en la cual se define un cubo teórico delimitado por dimensiones (x, y, z) determinado por un ancho, largo y alto. Estos valores son especificados en la tabla a continuación:

Tabla 2. Dominio de criterios geométricos. Elaboración de la autora.

Parámetro	MUBE	MON	FIC
Área Proyección (m ²)	3071,34	2100	849
Área total (m ²)	3071,34	2934,5	2450
Longitudinal máx. x (m)	85	70	45
Longitudinal máx. y (m)	55	30	22
Altura máx. z (m)	5	30	25
Número de Pisos	1	2	4
Atrio	-	-	1/3

De esta forma, el área mínima de una geometría posible es de 500m² (de 22m de ancho y 22m de largo con un alto de 5m) lo que equivale al metraje cuadrado predominante en los museos en Brasil (IBRAM- Museus em números, 2010, pág. 98). Asimismo, corresponde un área máxima de 6500m², para (x, y, z) de 45m de ancho y de largo en un total de cuatro pisos, equivalente al caso de estudio con mejor compatibilidad ambiental.

De acuerdo con el dominio de criterios geométricos, a este cubo teórico, definido por el ancho largo y alto, se exploraron cuatro diferentes transformaciones tridimensionales. Éstas, tienen base en el trabajo de Marín (2008), que exploró distintas transformaciones para una geometría. Para este estudio, se eligieron cuatro modificaciones, las cuales son: Twist (torsión), Strech (estirar), Bend (curvar) y Taper (estrechar) que darán forma a la geometría.

Definidos los criterios geométricos para el cubo teórico y sus transformaciones tridimensionales, se definieron el dominio de criterios ambientales o evaluación de la compatibilidad ambiental. Para las características ambientales de la geometría a ser generada, se vincularon las ecuaciones de compacidad, de porosidad, de perforación y de esbeltez, ya que, según Serra & Coch (1995) estas son las características que definen la forma.

Estos valores son resultantes de la geometría generada en donde, datos como la superficie global, volumen y alturas son revisados a medida que se aplican las transformaciones, permitiendo simultáneamente vincular la geometría concebida con sus cualidades geométricas asociadas a la compatibilidad ambiental. Con respecto a las ecuaciones que evalúan la compatibilidad de las relaciones de Porosidad (P) ha sido considerada como la diferencia entre la magnitud global del volumen (la media entre ancho y largo $(X1-Y1)/2$) y la magnitud de espacio abierto interior $(X2-Y2)/2$) estableciendo como valor de referencia (1) el 50%, o sea $P = (X1-Y1)/2 \times 0,5 - (X2-Y2)/2$. Para Compatibilidad Ambiental de museos en esta zona el valor preferente es $P < 0,25$ (un patio reducido para evitar superficie envolvente) y el óptimo $P=0$ (sin patio). La herramienta paramétrica se programó para partir con volúmenes integrales, al evaluar directamente debería validar con porosidad óptima (0). Ahora, si el diseñador modifica la geometría colocando patios interiores anulará la solución si supera 0,25.

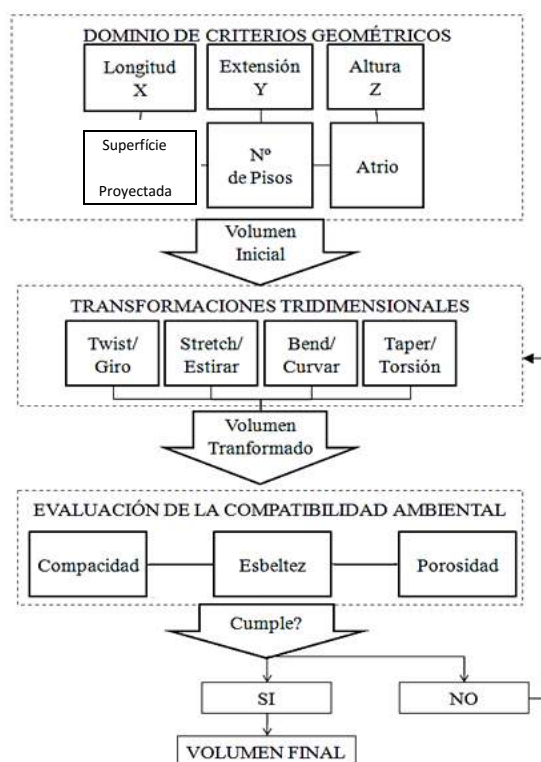


Figura 4. Diagrama de la Implementación Paramétrica. Fuente 6. Elaboración de la autora.

De las cuatro ecuaciones propuestas en la implementación del diseño paramétrico, dos fueron predeterminadas, la perforación y la porosidad. En el caso de la porosidad ninguno de los tres casos posee patio entonces el grado de porosidad es nulo, por lo tanto las geometrías generadas en la programación también poseerían la misma característica, siendo considerada por lo tanto con restricción de porosidad. La perforación, cantidad de superficie vidriada por fachada, debiera tener un porcentaje de 5% para la fachada sur y 25% para la fachada norte, en tanto las fachadas este y oeste 0%, característica perteneciente al mejor caso de estudio, la FIC. Así, los valores de esbeltez y compacidad son sensibles a las modificaciones de la geometría. El diagrama de implementación paramétrica (Figura 6), muestra cómo se define y se relaciona el volumen inicial-cubo

teórico, con las transformaciones tridimensionales y las ecuaciones de las características geométricas para cumplir dicho desempeño de compatibilidad ambiental.

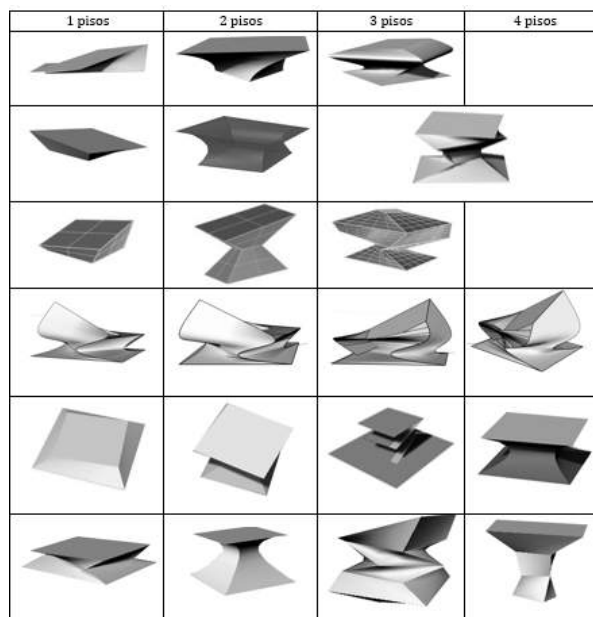
6. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE GENERACIÓN GEOMÉTRICA

Para iniciar el proceso de generación de la geometría, el usuario elige las dimensiones (x, y, z) de un volumen general que sean las proporciones del edificio, esto en los sliders en la caja azul en números enteros dentro de los rangos máximos definidos. Luego, aplicase deformaciones de modo aleatorio en los sliders del grupo lila, verificando que se cumplan los valores de esbeltez (0,04) y compacidad (0,5) que promueven Compatibilidad Ambiental. Todas estas variaciones ejecutadas en los sliders de la interface de Grasshopper®, causan efectos en la geometría que es visualizada en Rhinoceros® en la pantalla compartida. Esto, permite un análisis visual de la forma arquitectónica desde distintos puntos de vista para considerar aspectos de localización, funcionalidad y expresividad. Cuando el arquitecto está satisfecho con la propuesta geométrica generada y los valores de compacidad y esbeltez fueron alcanzados, puede exportar el volumen para desarrollarlo más detalladamente o almacenar opciones para comparar. El paso siguiente será entonces, exportar esta geometría a otro software o imprimirlas para trabajar en plantas y cortes.

7. RESULTADOS DE APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA PARAMÉTRICA

Aquí se presentan las distintas geometrías que fueron elaboradas con el auxilio del diseño paramétrico. Esta actividad experimental pretende más que nada, generar ejemplos de generación de volúmenes de museos de arte para el clima subtropical húmedo de Brasil, y se basan únicamente en los estudios de caso. A seguir es posible verificar las distintas posibilidades de diseño del museo que obedecen los criterios de Compatibilidad Ambiental insertados en la herramienta de diseño. En el cuadro a continuación se observan las distintas geometrías generadas por la herramienta.

Cuadro 1. Volúmenes generados en la herramienta de diseño paramétrico. Fuente: La autora.



8. CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN FINAL

La herramienta presentada sigue una tendencia contemporánea donde la computación empieza a participar del proceso de diseño ya en las etapas tempranas del proyecto. Una herramienta computacional es importante para optimizar el trabajo y facilitar la incorporación de criterios comprobables, más que una respuesta formal gratuita. Con respecto a la herramienta paramétrica desarrollada, se concluye que en los aspectos relacionados a las geometrías forman parte del proceso de diseño, otorgando a los arquitectos criterios que promuevan un bajo consumo energético a estos edificios. Los softwares de simulación energética disponibles no facilitan el modelado de geometrías exentas con la aplicabilidad de variables ambientales o para alcanzar un mínimo de Compatibilidad Ambiental, al menos no a nivel de anteproyecto. Esta herramienta, a pesar de bastante primitiva debido a su restricción es considerada apropiada para el trabajo regular de un arquitecto, con una formación y uso de herramientas computacionales habituales, durante el proceso de proyecto. Por fin, se concluye que, estudios de compatibilidad ambiental en edificios de esta categoría ciertamente puede traer muchos beneficios y por eso deben ser realizados. La integración de criterios de diseño que apoyan la concepción de nuevos proyectos para la calidad ambiental ha sido llevada a cabo a la vez que puso en discusión el tema.

REFERENCIAS

- Aris, et al. 2006. Energy conscious automated design of building facades using genetic algorithms In *Communicating Space(s), eCAADe06 Proceedings*. eCAADe. septiembre. Pag. 898-903.
- Betancourt, M. C. 2013. *Diseño Generativo de Vanos para el confort en viviendas del trópico*. Tesis Doctoral. Universidad del Biobío, Concepción, Chile.
- Caldas, L. et. al. 2002. *A design optimization tool based on a genetic algorithm. Automation in Construction*. Vol. 11 (2). Pág.173-184.
- Gennusa, M. L. & Lascari, G. R. 2008. Conflicting needs of the thermal indoor environment of museums: In search of a practical compromise. *Journal of Cultural Heritage*, Vol. 9 125-134, Palermo.
- Ibram. 2016. Instituto Brasileiro de Museus. Disponible en: [<http://www.ibram.gov.br/>] Acceso en junio de 2016.
- Marin, P., Bignon, J. C. & Lequay, H. 2008. Paramètres environnementaux et mécanismes de conception évolutive. Disponible en [<http://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00440272>]
- Mitchell, W. J. & McCullouch, M. 1995. *Design Digital Media*. Ed. John Wiley & Sons. Canada.
- Mitchell, W. J. *The theoretical foundation of computer-aided architectural design. Environment and planning b*. 1975.
- Serra, Rafael.; COCH, Helena 1995. *Arquitectura y energía natural*. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, España.
- Singh, V. & Gu, N. 2012. *Towards an integrated generative design framework*. DesignStudies. Volume 33, Issue 2.185-207.
- Tedeschi, A. 2011. *Parametric Architecture with Grasshopper*. Brienza, Italia. Edizione Le Pensier.
- Turrin et.al. 2011. *Design Explorations of performance driven geometry in architectural design using parametric model and genetic algorithms*. Advanced Engineering Informatics.V.25, 656-675.
- _____. 2012. *Performative skins for passive climatic comfort. A parametric design*
- Woodbury, Robert. 2010. *Elements of Parametric Design*. Routledge, New York, USA. ISBN-10: 0415779871 | ISBN-13: 978-04157798760.



Sustentabilidade em edificações na Região Metropolitana da Grande Vitória: Caracterização da amostra

André Magalhães Effgem

Graduando, Faculdade Brasileira, Vitória (ES), Brasil
andreeffgem@gmail.com

Aline Cuimbra Ribeiro

Graduanda, Faculdade Brasileira, Vitória (ES), Brasil
aline.cuimbra@hotmail.com

Nathalia Memelli Brandão

Graduanda, Faculdade Brasileira, Vitória (ES), Brasil
nathmelli@yahoo.com.br

Wallason Fernandes Vieira

Graduando, Faculdade Brasileira, Vitória (ES), Brasil
wallasonfernandes@hotmail.com

Aline Silva Sauer

Docente, Faculdade Brasileira, Vitória (ES), Brasil
alinesisa@hotmail.com

Fabrcia Delfino Rembiski

Docente, Faculdade Brasileira, Vitória (ES), Brasil
prof.fabrciadr@gmail.com

Sandra Moscon Coutinho

Docente, Faculdade Brasileira, Vitória (ES), Brasil
sandramoscon@gmail.com

RESUMO: Produzir e comercializar edificações mais sustentáveis torna-se necessário e urgente visto que, a Indústria da Construção Civil é um dos setores que apresenta maior consumo de recursos naturais e geração de resíduos, o que acarreta grande impacto ao meio ambiente. A partir do atual momento de crise política e econômica no Brasil, percebe-se que o setor precisa investir em novos modelos, objetivando manter-se no mercado, atender aos clientes mais conscientes, gerar economia e contribuir para a preservação ambiental. Diante disso, essa pesquisa de caráter descritivo, com abordagem quali-quantitativa objetiva caracterizar as empresas construtoras ativas e suas edificações concluídas desde 2010, em obras e em lançamento, que incorporem requisitos de qualidade ambiental na produção das edificações, localizadas na Região Metropolitana da Grande Vitória (Espírito Santo, Brasil), e associadas ao Sindicato da Indústria da Construção Civil no Estado do Espírito Santo. O método utilizado consiste em pesquisa de levantamento, realizada com os dados disponibilizados nos sites das construtoras selecionadas. Como resultado observou-se que a grande maioria das edificações analisadas com requisitos de qualidade ambiental está concluída. Por sua vez, as edificações em obras e em lançamentos apresentam-se em menor número. Acredita-se que esse desafio pode ser vencido com o incremento de políticas públicas, incentivos governamentais e capacitação de profissionais do setor.

Palavras-chave Sustentabilidade, Construção Civil, Empresas Construtoras

1. INTRODUÇÃO

A Indústria da Construção Civil (ICC) sempre exerceu grande importância no desenvolvimento econômico e social do Brasil. Porém, o cenário macroeconômico atual apresenta-se com retração da economia, em praticamente todos os setores no país, inclusive o da construção civil. O momento de crise política e econômica que o país atravessa tem acarretado aumento no número de desemprego, queda da renda das famílias e, ainda, baixo crescimento, expressado pelo Produto Interno Bruto (PIB), soma de todos os bens e serviços produzidos, com queda de 3,8% em 2015. Por sua vez, o PIB da construção civil alcançou índice negativo de 7,6% em 2015 (CBIC, 2016).

Nesse momento, a ICC precisará reinventar-se e se reestruturar, de forma a ultrapassar as referidas dificuldades, apostando em novas vertentes, como é o caso do incremento de requisitos de qualidade ambiental em seus projetos e obras. A busca por uma construção mais sustentável contempla “[...] fornecer mais valor, poluir menos, ajudar no uso sustentado de recursos, responder mais efetivamente as partes interessadas e melhorar a qualidade de vida presente sem comprometer o futuro” (Silva, 2003, p.4).

Dessa forma, surgem alguns desafios a serem vencidos pela ICC, dentre eles, a opção por um desenvolvimento de forma sustentável, ou seja, aquele que busca o equilíbrio entre o que seja ecologicamente sustentável, socialmente desejável e economicamente viável, descrita em função do tripé da sustentabilidade, que abrange as dimensões ambiental, social e econômica (Sachs, 2002; Edwards, 2005).

A construção sustentável é uma nova forma de planejar a construção e seu entorno, e segundo Araújo (2016) deve ser implantada em todo o ciclo de vida da edificação, iniciando na extração dos materiais, passando pelo beneficiamento e transporte, planejamento, projeto, execução, uso e manutenção, demolição e destinação dos resíduos. Com foco na dimensão ambiental da sustentabilidade, esse tipo de construção abrange a gestão eficiente do uso de materiais, água, energia, resíduos, qualidade do ar, conforto térmico e acústico, entre outros, o que poderá trazer benefícios econômicos e ambientais. Sabe-se que o público em geral e potenciais clientes do mercado imobiliário, estão cada vez mais conscientizados, sendo assim, ações de sustentabilidade aplicadas às edificações, certamente irão se destacar quando comparadas às convencionais.

Desde 1990, segundo Agopyan & John (2011) a ICC no Brasil busca reduzir os impactos negativos sobre o ambiente, através de pesquisas em uma grande gama de aspectos, com ênfase nos temas relacionados à redução do consumo de energia e perdas, assim como na reciclagem de resíduos. Entretanto, o desenvolvimento da construção sustentável depende dos esforços de toda sua cadeia produtiva e dos órgãos governamentais, visando à elaboração de políticas públicas condizentes a realidade sócioambiental e econômica brasileira.

No Brasil observa-se que princípios da construção sustentável precisam ser colocados em prática, visto que CBCS *et al.* (2014) levantaram as seguintes demandas junto ao mercado profissional: carência de conhecimento, demandando conscientização dos consumidores e capacitação dos projetistas; criação de ferramentas específicas para avaliação da sustentabilidade; criação de incentivos fiscais e linhas de financiamento pelo governo e legislação e regulamento direcionado ao setor.

Neste contexto, insere-se a Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV) localizada no Estado do Espírito Santo, Região Sudeste do Brasil. A RMGV compõe-se de sete municípios: Vitória (capital do Estado), Vila Velha, Serra, Viana, Guarapari, Fundão e Cariacica. Estes municípios abrigam um total de 1.685.384 habitantes (IBGE, 2010), equivalente a 48% da população estadual. O município com maior população é Vitória, seguido de Serra, por sua vez, o que possui uma menor população é Fundão. A construção civil é um importante setor da economia do Estado do Espírito Santo, devido aos projetos de investimentos em edificações (comerciais e residenciais) e infraestrutura urbana, social e logística, desenvolvidos na RMGV e em municípios do interior do Estado.

Apesar do Estado não possuir uma agenda para construção sustentável ou legislação em nível regional, que incentive o desenvolvimento de boas práticas no setor pelas construtoras e profissionais, estão sendo desenvolvidas algumas ações referentes à construção sustentável, de forma embrionária, por algumas construtoras (Farias Filho *et al.*, 2005) e por alguns escritórios de Arquitetura (Venâncio, 2010). Porém, segundo Bastos (2012) a maioria delas trata-se de ações de longo prazo, constituintes de programas em fase de desenvolvimento pelo governo estadual. Isso deve ocorrer, segundo o autor, devido à associação entre princípios de construção sustentável e aumento do custo de construção da edificação.

Diante do exposto, o objetivo geral deste trabalho é caracterizar as empresas construtoras ativas e suas edificações concluídas desde 2010, em obras e em lançamentos, que incorporem requisitos de qualidade ambiental na produção das edificações, particularmente aquelas localizadas na RMGV e associadas ao Sindicato da Indústria da Construção Civil no Estado do Espírito Santo (SINDUSCON-ES).

Este artigo apresenta resultados parciais de uma iniciação científica iniciado em setembro de 2015, que ainda está em desenvolvimento. O grupo é composto por alunos e professoras do curso de Arquitetura e Urbanismo. Os resultados até então obtidos, da etapa de diagnóstico, estão apresentados em três artigos divididos por temas, com o título comum: Sustentabilidade em Edificações na Região Metropolitana da Grande Vitória, sendo o artigo 1: Caracterização da amostra (aqui apresentado); o artigo 2: Gestão da água e energia; e o artigo 3: Gestão de materiais de construção, resíduos e certificações ambientais.

2. METODOLOGIA

Embasado na pesquisa bibliográfica, este trabalho possui característica descritiva, realizado através de levantamento de dados que, segundo Gil (2002), trata-se da coleta de diversas informações sobre determinado assunto, a fim de, por meio de uma análise quali-quantitativa, registrá-las e avaliá-las.

Dessa forma, procurando-se cumprir o objetivo da pesquisa, iniciou-se a revisão bibliográfica para aproximação do tema. Diversas fontes de pesquisa foram utilizadas, dentre elas, artigos científicos, livros, dissertações e teses. Através de seminários os assuntos foram apresentados e discutidos o que permitiu alinhamento de conhecimento.

Em abril de 2016, iniciou-se a pesquisa de coletas de informações das empresas construtoras, tendo como base a lista disponível no *site* do SINDUSCON-ES que continha

110 empresas associadas. A identidade das empresas construtoras pesquisadas, bem como dos seus empreendimentos, não serão divulgados nessa pesquisa.

Os alunos foram divididos em grupos para investigação de dados disponíveis exclusivamente via *internet*, através de informações dos *sites* dessas empresas associadas. Nesse primeiro momento foi possível caracterizá-las como ativas ou inativas e seus principais setores de atuação (construção, planejamento, fundação, entre outras).

A partir de então, dentre as empresas construtoras ativas selecionadas, realizou-se um levantamento das edificações concluídas nos últimos seis anos, em obras e em lançamentos, pertencentes a essas empresas. Assim, apenas as empresas que divulgaram em seus *sites* produzir e comercializar edificações com algum requisito de qualidade ambiental foram selecionadas para a análise dos dados, ou seja, características relacionadas à redução do consumo de água, energia, materiais, bem como destinação adequada de resíduos, tanto na fase de canteiro de obras ou uso da edificação.

É importante ressaltar que não houve critério de quantidade de requisitos para a seleção da empresa, dessa forma, a divulgação de existência de pelo menos um requisito já a selecionou a construtora para pesquisa. Mesmo assim, o número inicial encontrado foi reduzido significativamente. Todos os dados obtidos foram registrados em tabelas, para melhor visualização das informações e análise dos resultados.

A caracterização das construtoras selecionadas contemplou os seguintes dados: a) tipo de empreendimento que executa; b) localização de sua sede; c) tempo de atuação no mercado; d) certificações de qualidade; e e) planejamento estratégico. Após essa primeira caracterização, partiu-se para o registro dos dados das edificações selecionadas. Foram registrados os dados das edificações concluídas nos últimos seis anos, em obras e em lançamento das construtoras selecionadas, que contemplou: a) município com maior concentração das edificações; b) tipologia mais frequente; c) quantidade de edificações e sua relação com a área construída; d) existência de bicicletário; e e) existência de vaga para carro elétrico. Demais dados, referentes a gestão água, energia, materiais, resíduos e certificações, se encontram nos outros dois artigos citados anteriormente.

3. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

A coleta de dados iniciou com uma pesquisa ao *site* do SINDUSCON-ES, onde se observou que esse sindicato realiza semestralmente um censo imobiliário, ou seja, um levantamento e acompanhamento do universo dos empreendimentos imobiliários nos municípios da RMGV. Fazem parte desse censo somente empreendimentos com área superior a 800,00m² nas tipologias residencial, comercial (salas com e sem lojas) e uso misto (residenciais com salas e/ou lojas). A Tabela 1 apresenta alguns resultados encontrados no último censo realizado, o 29º Censo Imobiliário (SINDUSCON, 2015), onde são consideradas unidades em produção, toda e qualquer unidade residencial ou comercial desde o seu lançamento, diferenciando-se somente de obra concluída.

Tabela 1. Total de unidades em produção por período (SINDUSCON, 2015).

Período	Unidades em produção(Nº)
Abril 2012	36.461
Abril 2015	27.697
Novembro 2015	21.109

Fonte: Adaptado de SINDICATO... (2015)

Observa-se uma redução significativa do número de unidades em produção em todos os municípios da RMGV, comparando-se os números apresentados em abril de 2012 e novembro de 2015, ou seja, um total de 15.352 unidades produzidas a menos. Esses dados refletem o cenário nacional e podem estar associadas ao atual momento de recessão econômica, influenciando fortemente o setor da construção civil, inibindo novos lançamentos e investimentos. A análise desses dados foi importante para melhor entendimento da sequência de investigação na pesquisa.

O *site* do SINDUSCON-ES disponibiliza uma lista com todas as empresas associadas, nessa lista constavam 110 empresas em abril de 2016. Iniciou-se então, a pesquisa nos *sites* dessas empresas, buscando-se informações sobre quantas estão ativas e qual área de atuação, visto que, as empresas de interesse na investigação são as empresas construtoras.

Descobriu-se que 5 dessas empresas, não estavam em atividade, e 17 pertenciam a outros setores. Dessa forma, iniciaram-se as investigações nas 88 empresas construtoras associadas que restaram da amostra inicial. Como essa pesquisa busca investigar as empresas construtoras que incorporam requisitos de qualidade ambiental em seus empreendimentos na região, descartou-se aquelas que, mesmo ativas, não divulgavam em seus *sites*, informações de ações realizadas que sugerissem a produção e comercialização de empreendimentos com tais aspectos. Essa etapa da pesquisa resultou em um número de 44 empresas construtoras ativas, associadas ao SINDUSCON-ES, que produzem edificações com as características investigadas, ou seja, um total de 50% (Tabela 2).

Tabela 2. Total de empresas ativas *versus* Número total de empresas de interesse na pesquisa

Total de empresas associadas ao SINDUSCON-ES	Total de empresas construtoras ativas	Total de empresas construtoras ativas que produzem e comercializam edificações com itens de sustentabilidade (INTERESSE DA PESQUISA)
Quantidade (Nº)	Quantidade (Nº)	Quantidade (Nº)
110	88	44

Os empreendimentos produzidos pelas 44 empresas selecionadas são edificações de múltiplos pavimentos com tipologia residencial, comercial ou uso misto. Observou-se que, a grande maioria dessas empresas construtoras (55,6%) possui sua sede na capital do Estado, Vitória. Por sua vez, 40,0% possuem sede em Vila Velha, município vizinho e apenas 4,4% possuem sede no município de Serra. Em relação ao tempo de atuação no mercado observa-se que 38,6% das empresas possuem mais de 30 anos de atuação, e apenas 9,1% delas são empresas jovens, ou seja, com até 10 anos de mercado (Tabela 3).

Tabela3. Tempo de Mercado

Tempo de Mercado (Anos)	Quantidade (Nº)	Quantidade (%)
0-10	4	9,1
11-20	12	27,3
21-30	8	18,2
Mais de 30	17	38,6
Não Divulgado (N.D.)	3	6,8
Total	44	100,0

O fato de quase 40% das investigadas possuírem mais de 30 anos de atuação pode indicar que essas empresas, apesar das características conservadoras e tradicionalistas

enraizadas no setor, mostram-se abertas às novas tendências ao divulgar a produção de edificações com incorporação de requisitos de qualidade ambiental.

Considerando-se a importância da empresa possuir as certificações da série *International Organization for Standardization* (ISO), uma entidade de padronização e normatização de processos, dentre elas, a ISO 9001 (gestão da qualidade), ISO 14001 (gestão do meio ambiente), OHSAS 18000 (gestão da saúde e segurança) e SA 8000 (gestão da responsabilidade social), procurou-se investigar quais delas informam em seus *sites* a sua adesão a essas certificações. Percebeu-se que, apenas 35,6% das empresas investigadas declararam possuir a certificação ISO 9001 de gestão da qualidade, o que pode indicar que essas empresas não possuem estas certificações ou não consideram relevante que essa informação esteja disponível nos seus *sites*.

Algumas empresas pesquisadas divulgam em seus *sites* informações a respeito dos seus planejamentos estratégicos, ou seja, missão, visão e valores. Em virtude das frequentes mudanças, o planejamento estratégico surge como uma ferramenta indispensável para que as organizações aumentem sua competitividade, por isso julgou-se importante avaliar os dados divulgados. Desta forma, realizou-se uma análise da relação entre a missão, a visão e os valores das construtoras e a prática da sustentabilidade, verificou-se grande dificuldade para sua execução, visto que: (a) 15,9% não possuía nenhuma das três informações; (b) 20,5% não possuía ao menos uma informação e (c) 25% não possuía ao menos duas informações. Mesmo assim, foi possível estabelecer uma relação com parte das informações obtidas (Tabela 4).

Tabela 4. Relação entre Missão, Visão e Valores das empresas e sustentabilidade

Situação	Missão (%)	Visão (%)	Valores (%)
Sem relação com a sustentabilidade	50	45,4	31,8
Informação não disponível	27,2	45,4	45,5
Relacionada à sustentabilidade	22,8	9,2	22,7

Observou-se que a grande maioria das empresas não inclui ações ou práticas relativas à conservação do meio ambiente e sustentabilidade no planejamento estratégico. É importante ressaltar que nas três empresas proprietárias dos três empreendimentos com certificações ambientais (sendo um institucional com selo LEED, um de uso misto e outro de uso multifamiliar, ambos com selo Casa Azul), verificados durante a realização dessa pesquisa, sua missão, visão e valores não possuíam relação com a sustentabilidade. O Quadro 1 apresenta partes das descrições do planejamento estratégico de algumas das empresas que incluem tais ações.

Quadro 1. Planejamento estratégico de algumas empresas analisadas

“Ser reconhecida, até 2017 como a empresa da área de construção civil do Estado do Espírito Santo com maior agilidade na entrega de seus produtos, garantindo sustentabilidade e qualidade diferenciadas”.
“A Empresa se orgulha de realizar seus empreendimentos com responsabilidade ambiental, diminuindo os impactos de suas obras e garantindo qualidade de vida para as gerações futuras. Em respeito aos clientes, parceiros e colaboradores, atua com transparência, se dedicando a oferecer agilidade, qualidade e preço justo”.
“Consciente de sua responsabilidade na preservação do meio ambiente, a Empresa produz seus imóveis de acordo com os preceitos da sustentabilidade, respeitando a natureza, minimizando o impacto ambiental, utilizando materiais reciclados de empresas especializadas e acima de tudo cuidando para que o planeta fique cada vez melhor”.

Fonte: Dados disponíveis nos sites das construtoras pesquisadas

Dentre as que citam tais práticas ou ações, pode-se perceber alguma sensibilização com as questões relacionadas ao meio ambiente, à sustentabilidade e a preservação do planeta, o

que pode induzir atitudes inovadoras quando comparadas às outras empresas que não citam tais ações em seus planejamentos estratégicos. Conhecidas as características básicas das construtoras, iniciou-se a contagem das edificações concluídas desde 2010, em obras e em lançamento das 44 empresas construtoras selecionadas, totalizando-se 800 empreendimentos (Tabela 5).

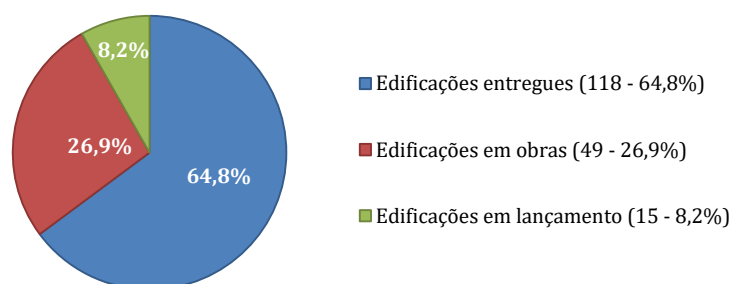
Tabela 5. Quantidade de empreendimentos concluídos, em construção e em lançamento

Quantidade de Empreendimentos	Nº Construtoras	Concluídos	Em obras	Em lançamento	Total
1 a 5	7	12	4	2	18
6 a 10	15	88	34	8	130
11 a 20	13	134	36	21	191
21 a 30	4	79	17	9	105
31 a 60	3	99	24	9	132
61 a 100	1	57	10	5	72
Mais de 101	1	135	10	7	152
Total	44	604	135	61	800

Observa-se que a maioria dos empreendimentos das construtoras analisadas já foi concluída (75,5%), poucos se encontravam em construção (16,8%), e menos ainda são os empreendimentos em lançamento (7,7%). Esses resultados corroboram com o resultado do censo imobiliário apresentado anteriormente, provavelmente em função do atual momento de recessão econômica vivido pelo país.

Desses 800 empreendimentos encontrados, buscou-se selecionar aqueles que declaravam em seus *sites* possuir algum requisito de qualidade ambiental, ou seja, características relacionadas à redução do consumo de água, energia, materiais, bem como destinação de resíduos, tanto na fase de canteiro de obras ou uso da edificação. Foram identificados 182 empreendimentos com essas características (Figura 1).

Figura 1: Quantitativo de edificações concluídas, em obras e em lançamento



Desses, apenas 15 empreendimentos em fase de lançamento, ou seja, 8,2% do total, e a grande maioria, 64,8% correspondem aos empreendimentos já concluídos. Complementando-se essas informações, identificou-se a frequência de produção de edificações com aspectos sustentáveis por construtora (Tabela 6).

Tabela 6. Quantidade de edificações *versus* Número de construtoras

Quantidade de edificações com itens de sustentabilidade	Número de construtoras	Número de construtoras (%)
1- 2	21	47,7
3 - 6	9	20,5
7 - 10	12	27,3
11 - 20	2	4,5
Total	44	100,0

Observou-se que, quase 50% das construtoras possuem entre uma a duas edificações com algum requisito de qualidade ambiental, e apenas 4,5% delas possuem acima de dez edificações com essas características.

Esses dados podem indicar que a grande maioria das construtoras da RMGV, ainda não incorporou tais conceitos, apesar da onda de *marketing* verde que se observa em outras regiões. Segundo Gonzaga (2005) o termo consiste na produção e comercialização de produtos ou serviços que tenham sido fabricados ou desenvolvidos causando menor impacto ao meio ambiente, baseia-se no pressuposto que os consumidores almejam um meio ambiente mais limpo e estão dispostos a pagar por isso.

Em seguida buscou-se investigar em qual município da RMGV concentra-se o maior número de construções com a incorporação de requisitos de qualidade ambiental (Tabela 7). Observa-se que a maioria está no município de Vila Velha, apresentando 45% de incidência, seguido do município de Vitória com 40,7%. Por sua vez o município de Cariacica apresenta apenas 1,1% desse percentual. Os municípios de Fundão, Guarapari e Viana, não possuem nenhum empreendimento com requisitos de qualidade ambiental.

Tabela 7. Edificações com requisitos de qualidade ambiental *versus* Municípios da RMGV

Município da RMGV	Quantitativo (Nº)	Quantitativo (%)
Vitória	74	40,7
Vila Velha	82	45,0
Cariacica	2	1,1
Serra	24	13,2
Total	182	100,0

Em seguida buscou-se investigar a maior incidência por tipologia. Dentre as 182 edificações identificadas e caracterizadas pelos construtores como sendo aquelas que incorporam requisitos de qualidade ambiental, observa-se que mais de 80,0% delas são de uso residencial, o que indica que os construtores estariam privilegiando a incorporação dos requisitos de qualidade ambiental nas construções residenciais em detrimento das comerciais na RMGV. A Tabela 8 apresenta o quantitativo de edificações e sua tipologia.

Tabela 8. Quantidade de edificações por tipologia

Tipologia	Quantidade (Nº)	Quantidade (%)
Residencial	147	80,8
Comercial	14	7,7
Uso Misto	21	11,5
Total	182	100,0

A construção de empreendimentos comerciais com a incorporação de requisitos de qualidade ambiental traz retorno financeiro aos investidores e aos operadores, e em geral apresentam-se em maior número em outros estados. Observa-se que 11,5% das edificações pesquisadas são de uso misto, e apenas 7,7% de uso comercial, um número bem menor comparado aos empreendimentos residenciais nesse resultado.

Em seguida pesquisou-se a área das unidades de todas as edificações selecionadas. Observou-se que, 33% das edificações possuem mais de 100,00m² de área construída. Esse resultado pode indicar que na RMGV há uma tendência para a construção de edificações que atendam aos requisitos de qualidade ambiental em unidades de padrão mais elevado, e provavelmente com elevado valor de mercado. A Tabela 9 apresenta esse quantitativo de edificações que possuem requisitos ambientais X área construída por unidade.

Tabela 9. Quantitativo de edificações com requisitos ambientais *versus* Área construída por unidade

Área máxima das unidades (m ²)	Quantidade (N ^o)	Quantidade (%)
30-50	7	3,8
51-80	42	23,1
81-100	21	11,5
Mais de 100	60	33,0
Não Divulgado (N.D.)	52	28,6
Total	182	100,0

Considerando-se que o uso de bicicletas para trabalhar, estudar, ou mesmo como atividade física, está sendo incorporado no dia-a-dia da população e, sendo essa uma das exigências dos clientes, investigou-se a existência ou não de bicicletários nas edificações. Observou-se que nas 182 edificações estudadas, 131 delas não divulgam se possuem ou não bicicletários, e apenas 51 divulgam a sua existência. Esse resultado pode sugerir que a empresa considera esse um item bastante comum e por isso não divulga sua existência nos seus *sites*, ou não esta acompanhando essa tendência e realmente não possui esse item.

Nessa linha de investigação por transportes alternativos, pesquisou-se a existência de vagas para carros elétricos nas edificações estudadas. Observou-se que apenas 8 edificações divulgaram possuir vagas para carro elétrico, chegando ao pequeno percentual de 4,3% de incidência. Esse resultado pode indicar que esse meio de locomoção ainda é pouco utilizado na região, não apresentando vantagens a sua inclusão em itens de sustentabilidade disponibilizados.

Os demais resultados obtidos nessa pesquisa de iniciação científica, ou seja, resultados referentes aos requisitos ambientais relacionados à gestão da água e energia, materiais de construção, resíduos e certificações ambientais implantados nas mesmas 182 edificações selecionadas, e aqui caracterizadas, estão expostos nos outros dois artigos citados anteriormente.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa apresenta um diagnóstico do atual momento da ICC em relação às empresas construtoras e seus empreendimentos concluídos nos últimos seis anos, em obras e em lançamentos que apresentem aspectos sustentáveis, localizados na RMGV. Tendo como base a lista de empresas associadas ao SINDUSCON-ES, que continha em abril de 2016, 110 empresas associadas, pode-se perceber que apenas 44 dessas empresas são ativas e realizam edificações com essas características.

Foram identificadas 182 edificações que declaram a incorporação de requisitos de qualidade ambiental nas suas configurações, sendo que a maioria delas, 64,8% se refere a edificações concluídas nos últimos seis anos. Esse resultado condiz com o atual momento de retração no mercado imobiliário vivido pela população do país, mostrando que apenas 35,2% se referem às edificações em obras e em lançamentos. Observou-se ainda pouca frequência de edificações que incorporem requisitos de qualidade ambiental por construtora, o que pode indicar que produzir edificações com essas características ainda não é muito comum na região.

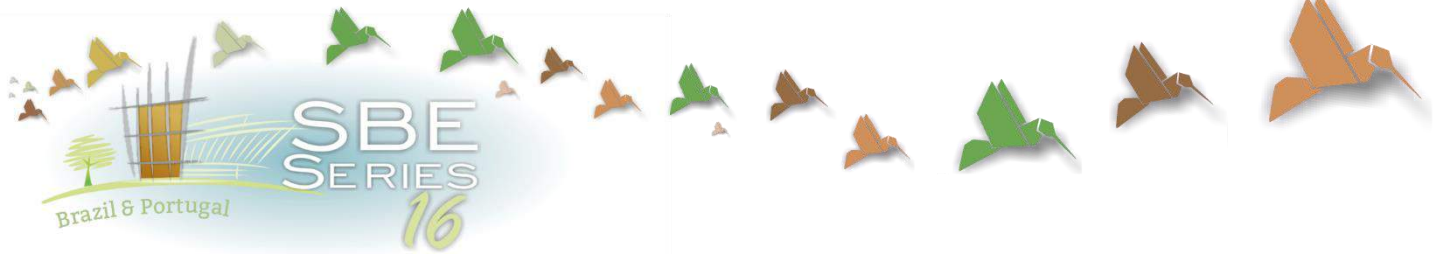
Dessa forma, os resultados demonstram uma região onde produzir edificações incorporando requisitos de qualidade ambiental não é tão comum e apresenta

características embrionárias pelo baixo índice de exemplos encontrados. O cenário de crise política e econômica vivido pelo Brasil vem causando grande retração no mercado imobiliário, contribuindo para o surgimento de edificações com essas características.

Acredita-se que esse é um grande desafio da construção civil, sendo urgente o investimento em novas vertentes, tais como a introdução de aspectos relacionados com a construção sustentável e que considerem a incorporação de requisitos de qualidade ambiental nos seus projetos e obras. Para isso, a implementação de políticas públicas, incentivos financeiros, descontos em impostos para edificações novas ou existentes de qualquer tipologia, pode ser um ponto de partida. E ainda, a capacitação de profissionais do setor, a disseminação da informação, investimento em pesquisas de novas tecnologias e ideias podem ser decisivos, influenciando e acelerando as transformações esperadas.

REFERÊNCIAS

- AGOPYAN, V.; JOHN, V.M. *O desafio da sustentabilidade na construção civil*. v.5. São Paulo: Blucher, 2011.
- ARAÚJO, M.A. A moderna construção sustentável. 2016. Disponível em: <<http://www.idhea.com.br/artigos1.asp>>. Acesso em: 6/04/2016.
- BASTOS, C.S. *Arquitetura institucional de ensino superior: Ações sustentáveis projetuais baseadas nas categorias do LEED Schools NC - V3*. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória. 2012.
- CBIC. PIB Brasil e Construção Civil. 2016. Disponível em: <<http://www.cbicdados.com.br/home/>> Acesso em: 15 maio 2016.
- CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL; PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE; MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Aspectos da construção sustentável no Brasil e promoção de políticas públicas – subsídios para promoção da construção civil sustentável*. Novembro, 2014. Disponível em: <<http://www.cbcs.org.br/website/aspectos-construcao-sustentavel/show.asp?ppgCode=31E2524C-905E-4FC0-B784-118693813AC4>>. Acesso em 6 abr. 2015
- EDWARDS, B. *O Guia básico para a sustentabilidade*. 2.ed. Barcelona. Ggilli, 2005, 226p.
- FARIAS FILHO, J.R.; CÓ, F.A.; FERNANDES, R. S.; NOGUEIRA, W.B. A utilização de mídia interativa como ferramenta para o desenvolvimento do “pensamento sustentável” na construção civil. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 25, Porto Alegre. *Anais... Porto Alegre*: ABEPRO, 2005.
- GIL, A.C. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2007. 206 p.
- GONZAGA, C.A.M. *Marketing verde de produtos florestais: Teoria E Prática*. FLORESTA, Curitiba, PR, v.35, n.2, mai/ago. 2005.
- IBGE. Censo 2010 ES. 2010. Disponível em http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/tabelas_pdf/total_populacao_es_iritto_santo.pdf Acesso em 18 maio 2016
- SACHS, I. *Caminhos para o desenvolvimento sustentável*. 4ª ed. São Paulo: Garamond, 2002, 96p.
- SILVA, V. G. Avaliação da Sustentabilidade de Edifícios de Escritórios Brasileiros: Diretrizes e Base Metodológica. 2003. 258p. *Tese (Doutorado em Engenharia Civil)*. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.
- SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO ESPÍRITO SANTO. 29º Censo Imobiliário. Novembro 2015. Disponível em: http://www.sinduscon-es.com.br/v2/upload/232016101648_Apresentacao_Censo_Novembro_2015_Previa.pdf Acesso em 29 maio 2016
- VENÂNCIO, H. *Minha casa sustentável: guia para uma construção residencial responsável*. 2 ed. Vila Velha (ES): Edição do Autor, 2010.



The influence of envelope variables on energy consumption in buildings in Vitória, Brazil

Ana Carolina Alves Bernabé

Federal Institute of Education, Science and Technology of Espírito Santo, Vitória (ES), Brazil
ana.bernabe@ifes.edu.br

Ana Clara Alves Bernabé

Federal University of Espírito Santo, Department of Environmental Engineering, Vitória (ES), Brazil
anaclarabernabe@gmail.com

Cristina Engel de Alvarez

Federal University of Espírito Santo, Planning and Project Laboratory, Vitória (ES), Brazil
cristina.engel@ufes.br

ABSTRACT: The awareness for energy efficiency in building sector has grown during the last years in Brazil and in the World. The new energy scenario brought to light the importance of energy efficiency in commercial buildings, encouraging discussions, studies and development of a new reality based on energy efficiency. This work aims to identify how some architectonic variables affect the energy consumption in commercial buildings, verticalized and artificially conditioned, in the city of Vitória, Espírito Santo. As methodology, a reference building was modelled based on the typical features of constructions located on the bioclimatic zone of study, which could be found in literature. Then, four variables of this building were altered: window to wall ratio (WWR), solar heat gain coefficient (SHGC), absorptance of opaque surfaces (α) and orientation of façades. The modelling and simulation of the cases were performed on the software DesignBuilder, an interface to EnergyPlus, a widely used Building Energy Simulation tool. The analysis considered the results of annual energy consumption and assessed the variation of the amount spent with air conditioning. The Window to Wall Ratio showed the highest impact on the energy consumption (12.4%), representing an increase of 32.3% on air conditioning spent. The impact of the other variables on total energy consumption followed the order: SHGC (8.7%), façades orientation (7.5%) and absorptance (4.0%). The difference between the highest and lowest total energy consumption out of all the cases analyzed reached 16.8%.

Keywords *energy efficiency, building envelope, thermo-energetic simulation*

1. INTRODUCTION

In the last years, energy consumption has been on the spotlight of numerous researches. The world's dependence on energy has been increasing at an alarm rate, and the building sector has largely contributed to that growth (Martínez-Molina et al., 2016). In Brazil, the awareness for energy efficiency in commercial and public building sector has risen during the last years as a result of governmental actions and research projects (Bodach & Hamhaber, 2010). Therefore, this energy scenario brought to light the importance of optimizing the energy consumption in buildings, the motivation of this work.

The energy consumption in buildings is related to losses or gains of heat through the envelope. And associated with the internal load due to occupancy, equipment and artificial lightning, result in the air conditioning system consumption (Fossati & Lamberts, 2010). In fact, the building envelope have a great impact on energy efficiency and indoor environmental quality, being also an important component of building structure and have a great influence on their budget (Méndez Echenagucia et al., 2015).

There are several envelope variables that affect energy consumption in buildings, such as shape of the building, height, orientation, floor-to-floor height, internal loads, openings transmittance and shading coefficient, wall transmittance and others (Signor et al., 2001). Assessing their impact on energy consumption can be done applying thermal-energetic simulation, which has proven to be an effective and widely used tool for energy consumption evaluation.

In this context, the aim of this work is to identify how some architectonic variables affect the energy consumption in commercial buildings, verticalized and artificially conditioned, in the city of Vitória, Espírito Santo. The assessment was done through thermal-energetic simulation using the Design Builder software. The evaluation was done based on the variation of air conditioning consumption and total electricity consumption.

2. METHODOLOGY

The methodology of this research was based on the simulation method procedure, simplified in Figure 1. The choice of the software was based on literature review, which showed that the software EnergyPlus had an adequate applicability to this research. However, many users complained about the unfriendly interface of this software (Mendes et al., 2005). Therefore, to overcome this problem, a graphic interface for the EnergyPlus was chosen to perform the simulation, the DesignBuilder.



Figure 1. General method for modelling, simulation and analysis. Source: Adapted from Venâncio (n.d.)

At first, the site of study needed to be characterized. The study is developed in Vitória, located on the coast of the Brazilian Southeast region, in the state of Espírito Santo, with coordinates 20°16'S latitude and 40°17'W longitude. The required climate data was obtained from the TRY (Test Reference Year) of Vitória, available in LabEEE (2016). The choice of this specific source was done because it had a more recent update (2005) than the other available sources and it has the proper configuration to input in the software. To construct the geometry and to configure the model, a reference building was defined based on a study developed by Lamberts et al. (2006) which described the most widely used features in buildings located on the bioclimatic zone of Vitória: Zone 8. Additional data required were obtained from other sources, referenced in Table 1. A perspective drawing of the building and the plant are shown in Figure 2 and Figure 3.

Table 1. Characterization of the reference building.

Feature	Value	Source
Number of pavements	15 pavements	Lamberts et al. (2006)
Plant Shape	Rectangular	Lamberts et al. (2006)
Plant Dimension	30 x 15 m	Lamberts et al. (2006)
Solar Protection	Without protection	Lamberts et al. (2006)
Glass	3mm, clear, common	Lamberts et al. (2006)
Window to Wall Ratio (WWR)	40%	Lamberts et al. (2006)
Activity Type	Light, Metabolic rate: 0.9	Lamberts et al. (2006)
Orientation of the largest façade	North-South	Adopted by the author
Opening Hours	Fully occupied: 8am to 12am and 2pm to 6pm 50% occupied: 12am to 2pm	Commercial Hours
Occupation density	0.14 people/m ²	Brazilian standard NBR 16401
Lightning Load	6.4 W/m ²	Carrières (2007)
Equipment Load	9.7 W/m ²	Carrières (2007)



Figure 2. Perspective drawing of the reference building.

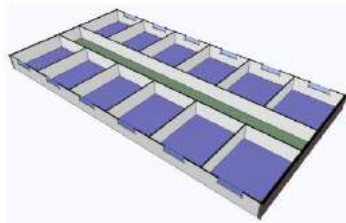


Figure 3. Perspective drawing of the pavement plant of the reference building.

The reference building also considered air conditioning system. The system was set to reach the control temperature of 24 °C, indicated by Ghisi & Tinker (2005).

In order to evaluate the impact of envelope variables on the climate consumption, it was necessary to select the parameters to vary and, therefore, evaluate their impact. To select

those variables, a literature review was executed. In this paper, the studies developed by Signor et al. (2001) and Venâncio & Pedrini (2008) are highlighted.

Among the several envelope variables, Signor et al. (2001) selected the ten most relevant to energy consumption in Brazilian cities, based on sensitivity analysis. They are: Roof Area/Total Area; Façade Area/Total Area; WWR – Window to Wall ratio; PF – projection factor of windows overhangs; SC – shading coefficient of glazing; U_{roof} – roof transmittance and α_{roof} – roof absorptance; $U_{façade}$ – exterior wall transmittance and $\alpha_{façade}$ – exterior wall absorptance; and ILD – internal load density.

As the goal of the project was to analyze the typical buildings located in Vitória, the building geometry and the internal load density were kept the same. In addition, although the transmittance is an important variable, there is no real consensus of its impact on energy consumption using air conditioning (Carlo & Lamberts, 2008), therefore this analysis was not considered in this work. Windows overhangs were not considered as their use is limited in the existing commercial buildings of Vitória.

Venâncio & Pedrini (2008) quantified the influence of some architectural decisions on energy consumption and thermal performance of administrative buildings of the Campus of the Federal University of Rio Grande do Norte, and the orientation of the building has proven to be an influence factor. Therefore, additionally to the variables mentioned above, the orientation of the largest façade was considered.

Hence four variables were chosen to be studied: Window to Wall ratio (WWR), absorptance (α) for both roof and exterior wall, the Solar Heat Gain Coefficient (SHGC), which is used, as the shading coefficient of glazing, to evaluate the amount of the total solar heat gain that passes through the glazing, and orientation of the largest façade. The values of the variables used in the simulations are shown in Table 2 were used.

Table 2. Values considered in the simulations.

Variable	Values adopted		
SHGC	0.86	0.74	0.26
WWR	40%	60%	20%
α	0.40	0.30	0.70
Orientation	North-South	East-West	

The SHGC values of 0.86, 0.74 and 0.26 represent clear single glass (3 mm), clear double glass (3 mm) and reflective glass (3 mm), respectively. Absorptance of 0.30 corresponds to the yellow color, 0.40 to middle gray and 0.70 to dark green.

It is important to emphasize that for the reference building the following values were adopted for the variables: SHGC 0.86, WWR 40%, α equal to 0.4 and orientation North-South. To evaluate each variable, the reference building was used and only the parameter analyzed were varied in the ranges described in Table 2.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Absorptance

Comparing the energy consumption values found varying absorptance (Figure 4), it is possible to see that as the absorptance increases, the energy consumption due to air conditioning rises 9.8%, increasing total energy consumption by 4.0%.

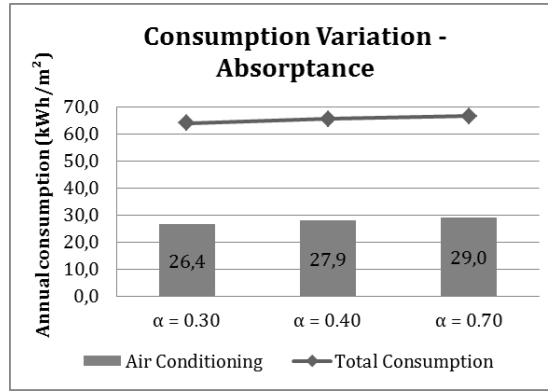


Figure 4. Energy consumption varying absorptance

Venâncio & Pedrini (2008) analyzed a building with WWR 40%, like the building in this study, and located in Rio Grande do Norte (5°45'54"S latitude and 35°12'05"W longitude). They found that the adoption of light colors, comparing to the base case with dark colors, reduced total consumption between 5% (rooms in South façade) and 6.1% (rooms in North façade). This result is fairly close to the result found in this work, and the small difference may be justified by the location of the buildings analyzed, especially the different latitudes.

3.2 Window to Wall ratio

As for the WWR, seen in Figure 5, the amount of energy spent with air conditioning systems increases when increasing the WWR. This growth reaches 32.3% comparing the cases with lowest and highest WWR (20% and 60%).

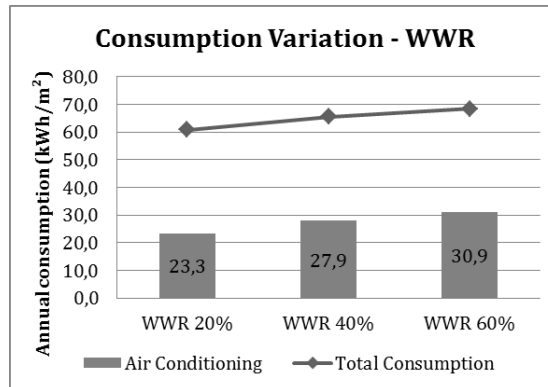


Figure 5. Energy consumption varying WWR

It is important to highlight that the other parameters of the reference building were maintained, and only the WWR was altered. Therefore, the orientation of this buildings is North-South and the values of SHGC and α are 0.86 (clear single glass) and 0.4 (Middle gray), respectively. It is possible to state that the clear glass contributes to the influence of the WWR, as it allows a greater amount of solar radiation to pass through the glazing, in such a way that an increase in openings area contributes greatly to the heat gain of the building. The increase in total energy consumption was 12.4%.

3.3 Solar Heat Gain Coefficient

The variation of the SHGC, in Figure 6, increases 8.7% of the total energy consumption. The variation is insignificant comparing the results for SHGC of 0.74 and 0.86, that is, clear double glass and clear single glass, respectively.

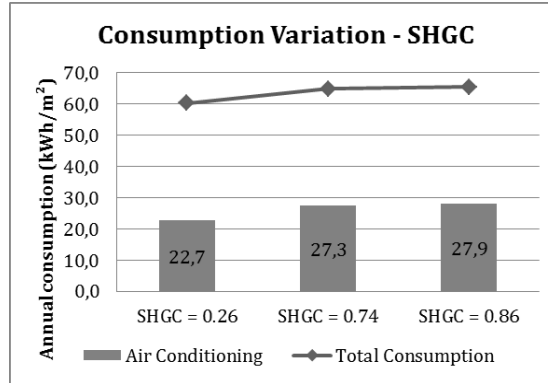


Figure 6. Energy consumption varying SHGC

Carvalho et al. (2010) analyzed a variation of the energy consumption in a building in Rio de Janeiro, with 40% of WWR, like the building analyzed in the present study. The authors found 18.79% of increase in air conditioning consumption when varying the glazing from reflective glass to clear glass (6mm). In the present study, an increase in air conditioning spent of 22.9% was found. The difference was considered acceptable considering the dissimilar pattern of the buildings analyzed in the two studies, especially the geometry, as the building analyzed by Carvalho et al. (2010) has 5 floors whilst the base case of this study is a 15-storey building.

Furthermore, according to Fossati & Lamberts (2010), the use of glazing with low shading coefficient (in this work the solar heat gain coefficient is addressed, proportional to shading coefficient) may increase the energy efficiency in a building, especially if used along with other strategies.

3.4 Orientation

Figure 7 shows the energy consumption when varying the orientation of the largest façades. Changing the orientation to East-West promotes an increase of 17.5% of the energy consumption by air conditioning due to the increase in solar heat gain. The impact in the total energy consumption was 7.5%.

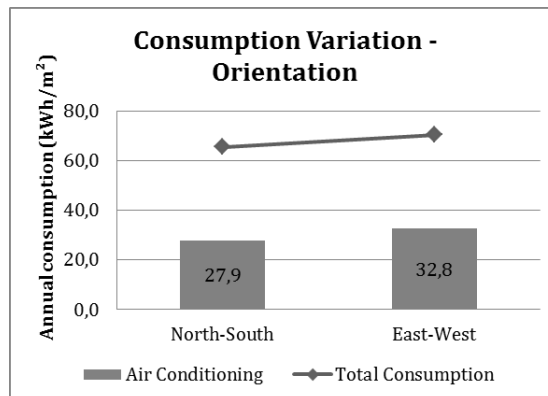


Figure 7. Energy consumption varying orientation of the largest façades

Fossati & Lamberts (2010) highlight that the orientation of façades is an important variable when linked to the WWR. In the present study, the WWR of the reference case is significant (40% of the total area, 60% of the main façades), in such a way that the orientation has an important effect.

3.5 Variables influence comparison

Table 3 shows the results of all the cases simulated. Out of the variables analyzed - WWR, absorptance, SHGC and orientation - the Window to Wall Ratio showed to have the highest impact on the energy consumption. The variation of air conditioning energy consumption reached 32.33% while varying this parameter. Fossati & Lamberts (2010) also concluded that the WWR is the most relevant measure to energy conservation and, as the WWR increases the energy efficiency tends to decrease, when no other energy conservation measure is adopted to minimize this effect.

The impact of the other variables on the total energy consumption can be organized in the following order: SHGC, 8.7% on total energy consumption and 20.3% on air conditioning consumption; façades orientation, 7.5% on total energy consumption and 17.5% on air conditioning consumption, and absorptance, 4.0% on total energy consumption and 9.8% on air conditioning.

Table 3. Comparison between all the simulated cases

Variable		Air conditioning Annual Consumption (kWh/m ²)	Total Annual Consumption (kWh/m ²)
Absorptance	$\alpha = 0.30$	26.4	63.96
	$\alpha = 0.40$	27.9	65.47
	$\alpha = 0.70$	29.0	66.54
	Difference	9.8%	4.0%
SHGC	SHGC = 0.26	22.7	60.26
	SHGC = 0.74	27.3	64.86
	SHGC = 0.86	27.9	65.47
	Difference	20.3%	8.7%
WWR	WWR 20%	23.3	60.88
	WWR 40%	27.9	65.47
	WWR 60%	30.9	68.42
	Difference	32.3%	12.4%
Orientation	North-South	27.9	65.47
	East-West	32.8	70.36
	Difference	17.5%	7.5%
Comparison	Highest	22.7	60.26
	Lowest	32.8	70.36
	Difference	44.5%	16.8%

The lowest consumption (60.26 kWh/m².year) corresponds to the building with the lowest SHGC and the highest consumption (70.36 kWh/m².year) was the case with the East-West façade orientation. The consumption variance reached 16.8% and up to 44.5% for the air conditioning consumption. This corresponds to 68184.8 kWh/year, a saving of R\$ 18737.86 each year, considering the tariff in Vitória in April 2016.

4. CONCLUSION

This study assessed the impact of four variables in the total energy consumption of a building considering a base case, they are: Window to Wall Ratio, absorptance, Solar Heat Gain Coefficient and Orientation. The Window to Wall Ratio showed the highest impact on the energy consumption (12.4%). The air conditioning energy consumption varied 32.3% when changing this parameter. The clear glass contributes to the influence of the WWR, as it allows a greater amount of solar radiation to pass through the glazing, in such a way that an increase in openings area contributes greatly to the heat gain of the building.

The impact of the other variables on total energy consumption followed the order: SHGC (8.7%), façades orientation (7.5%) and absorptance (4.0%). The difference between the highest and lowest total energy consumption out of all the cases analyzed reached 16.8%, with a 44.5% reduction in air conditioning spent. This savings can represent a reduction in energy consumption of 68184.8 kWh/year.

REFERENCES

- Bodach, S. & Hamhaber, J. 2010. Energy efficiency in social housing: Opportunities and barriers from a case study in Brazil. *Energy Policy*, 38(12), 7898-7910.
- Carlo, J. & Lamberts, R. 2008. Development of envelope efficiency labels for commercial buildings: Effect of different variables on electricity consumption. *Energy And Buildings*, 40(11), 2002-2008.
- Carrières, K. R. 2007. Desempenho Térmico e Consumo Energético de Edifícios de Escritórios em São Carlos (Thermal Performance and Energy Consumption of Office Buildings in São Carlos). Dissertation. University of Campinas.
- Fossati, M. & Lamberts, R. 2010. Energy efficiency of office buildings envelope: discussions around application of prescriptive method of RTQ-C. *Ambiente Construído*, 10(2), 60.
- LabEEE - Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. (2016). Labeee.ufsc.br. Retrieved 29 May 2012, from http://www.labeee.ufsc.br/antigo/downloads/downloadaclim_anterior.html
- Lamberts, R., Ghisi, E., & Ramos, G. 2006. Impactos da Adequação Climática Sobre a Eficiência Energética e o Conforto Térmico de Edifícios de Escritórios no Brasil. Florianópolis.
- Martínez-Molina, A., Tort-Ausina, I., Cho, S., & Vivancos, J. 2016. Energy efficiency and thermal comfort in historic buildings: A review. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 61, 70-85.
- Méndez Echenagucia, T., Capozzoli, A., Cascone, Y., & Sassone, M. 2015. The early design stage of a building envelope: Multi-objective search through heating, cooling and lighting energy performance analysis. *Applied Energy*, 154, 577-591.
- Signor, R., Westphal, F., & Lamberts, R. 2001. Regression Analysis of Electric Energy Consumption and Architectural Variables of Conditioned Commercial Buildings in 14 Brazilian Cities. In *Seventh International IBPSA Conference* (pp. 1373-1380). Florianópolis.
- Venâncio, R. & Pedrini, A. 2008. Influência de decisões Arquitetônicas na Eficiência Energética de Edificações do Campus/UFRN (Influence of Architectural decisions on Energy Efficiency of Buildings on Campus/UFRN). In ENTAC. Fortaleza.
- Venâncio, R. *Training for the Design Builder software* (pp. 1-83). Natal: Federal University of Rio Grande do Norte.



Viability for the use of foundry sand to reduce use of cement in cement concrete

Pedro Goecks

UNIJUI University, Department of Exact Sciences and Engineering, Ijuí (RS), Brazil
pedro.goecks@gmail.com

Cristina Eliza Pozzobon

UNIJUI University, Department of Exact Sciences and Engineering, Ijuí (RS), Brazil
pozzobon@unijui.edu.br

Eduardo Rizzatti

Federal University of Santa Maria, Department of Structures and Construction, Santa Maria (RS), Brazil
edu_rizzatti@yahoo.com.br

Diorges Carlos Lopes

UNIJUI University, Department of Exact Sciences and Engineering, Ijuí (RS), Brazil
diorges.lopes@unijui.edu.br

ABSTRACT: Foundry sand is among one of the most produced industrial solid residues in the world. Currently, there are numerous researches around the world about the possible uses for discarded foundry sand, including its use as a substitute for part of the natural sand used in construction. However, the volume of this residue used in different sectors of industry is still small. In this context, understanding that the construction industry presents a great potential for the solution of problems related to the discarded residues generated by other processes by incorporating these materials as building material, this paper seeks to promote the use of FS by reducing the use of Portland cement in the manufacture of cement concrete. To this effect, our experimental program replaced sand for FS and reduced a percentage of the use of Portland cement to determine the characteristics of the materials used and the properties of the cement concrete. Natural sand was partially replaced by foundry sand at the percentages of 5%, 10% and 15%, and the use of Portland cement was reduced by 5%, 10% and 15%. The results showed that de use of FS for Portland cement concrete manufacture is viable. It was concluded that de sample with the reduction of 5% in cement and the substitution of 15% of natural sand for FS presented the best technical, economical and environmental viability.

Keywords *Foundry sand; cement concrete; construction.*

1. INTRODUCTION

Among the manufacturing processes, the foundry occupies a prominent place in the market, depending on their ability to produce elements with a variety of shapes and sizes, being responsible for creating parts of the utmost responsibility, which are aeronautics, mechanical and automotive industry (Soares, 2000). His process uses sand to create male molds that shape metal parts. These sands called sandy base, virgin sand or even conventional sand, have the ability to absorb and transmit heat, they allow the gases evolved during the molding process to go through its grains (Alves, 2012).

Usually, the sands are used for several cycles in the casting process; however, there is a limited number of times that can be effectively reinserted because their grains lose angular shape required for the formation of molds (Alves, 2012). So they are discarded and intended to trench landfills, receiving the name of discarded foundry sand (UFS) or simply foundry sand (FS). If the FS are deposited in improper or unmonitored sites may change the chemical, physical and biological soil and water, causing damage to the environment.

The amount of sand consumed depends on the type and the part produced ranges from 0,8 to 1 ton per ton of molten; after the demolding step, about 90% of the sand can be easily reinserted into the process, but about 10%, contaminated, to be discarded (Casotti *et al*, 2011). The FS represent one of the largest volumes of industrial waste produced in the world and its reuse contributes to the reduction of gaseous emissions, consumption of virgin material and results in economic gains.

Brazil occupies the seventh position in world production of castings, which are made about three thousand tons of metal parts per year. More than half is destined for the automotive components market, because of the sector to be strong in the country. For 2018 it is projected a production of almost four thousand due to indirect exports as engines, automotive components and capital goods (Brazilian Foundry Association, 2014).

Currently, there are numerous national and international researches, discussing possibilities for the use of foundry sand disposal, including the partial replacement of fine aggregate (natural sand). However, the volume of waste used in different industrial sectors is still small. In this context, given that the construction industry has great potential for solving problems related to the disposal of industrial waste generated in other processes, through its incorporation into building materials, this paper seeks to promote the attractiveness of using FS by reducing the use of Portland cement in the manufacture of concrete.

Thus, the experimental program proposed aimed to determinate the characteristics of the materials used and the Portland cement concrete properties, obtained with replacements of fine aggregate by FS and also with percentage reduction Portland cement consumption. It carried out the partial replacement of natural sand for foundry sand disposal under 5%, 10% and 15% content and Portland cement reductions of 5%, 10% and 15%.

This research was motivated by the positive results obtained in previous research (Lima, 2014) which replaced part of the natural sand (5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30% and 50%) by casting dispose sand (channel break) from the same source. In that investigation, it was found that all mixtures molded from foundry sand, from the earliest age of the Portland

cement concrete, showed axial compression strength higher to the ones molded only with natural sand.

In this sense, internationally, the recent research conducted by Prabhu *et al* (2015) concluded that a replacement rate up to 30% natural sand by FS is favorable for the production of concrete without adversely affecting the strength and durability. Siddique *et al* (2015) also have positive results for the partial replacement of fine aggregate for foundry sands.

2. EXPERIMENTAL PROGRAM

The experimental program was developed in three parts. Initially the materials were characterized, by performing the recommended laboratory tests in the Brazilian Technical Standards. Then there was the dosage of Portland cement concrete and finally were carried out tests on the produced concrete.

2.1 Materials

The materials used were Portland cement type CP IV-32, coarse aggregate (crushed stone 1), natural sand, foundry sand (FS). It was used Portland cement type CP-32 IV of Votoran brand because that has as main characteristic their environments resistance to chemical attack as sulfate, sewage and seawater.

For the physical characterization of cement, fineness modulus tests were carried out, density and determining setting time. Results in Table 1.

Table 1. Portland cement characterization

Features	Results
Fineness # 0,075 (%)	0,28
Specific Gravity (g/cm ³)	2,84
Loose Bulk Density (kg/dm ³)	0,97
Setting Time (h)	03:40

The natural sand needed for the research came from the city of Santa Maria (RS), 180 km from Ijuí (RS) - the research site. In it the following tests were performed: granulometric composition, specific weight of fine aggregate and loose bulk density (Table 2).

The FS was courtesy casting company located in distant municipality 45 km from Ijuí (RS). For this research, we used the sand generated in the channel break process.

The FS characterization tests were the same as natural sand due to the similarity of materials. But as it is a residue, it was necessary to carry out specific laboratory tests (leaching and solubilization). In these, the FS performed within the limits allowed by the Brazilian Technical Standards for the solubilization and, for leaching, the residue was classified as non-toxic class IIB - inert. Table 2 also shows the characteristics of FS. It is noticed that the FS has specific and unitary mass loose less than the natural sand.

Table 2. Characterization of natural sand and ADF

Features	Results of natural sand	Results of ADF
Max. Diameter (mm)	1,20	0,60
Fineness Modulus	1,90	1,16
Specific Gravity (g/cm ³)	2,60	2,43
Loose Bulk Density (kg/dm ³)	1,53	1,33

The coarse aggregate #1 crushed basaltic from the Ijuí region (RS), was characterized as its particle size distribution, density and absorption of coarse aggregate and loose bulk density (Table 3).

Table 3. Characterization do coarse aggregate

Features	Resultados
Max. Diameter (mm)	19
Fineness Modulus	6,75
Specific Gravity (g/cm ³)	2,93
Loose Bulk Density (kg/dm ³)	1,69

The water required for the hydration of cement, came from the Civil Engineering Laboratory of UNIJUÍ's well. The standard unit used was kilogram; it has lower probability of error in dosage tests compared to the liter.

2.2 Experimental mix proportion of Portland cement concrete

After the outcome of the physical characterization of materials was calculated dosage of the constituents of Portland cement concrete by the method of Portland Cement Brazilian Association (ABCP), because this is the most used method in the country.

Table 4 identifies the 16 mixtures, according to the replace of natural sand for foundry sand and cement reduction. For each mix, 10 specimens were molded and 8 were used for the tests for the axial compression strength tests and 2 to determinate the tensile strength.

Table 4. FS Replacement percentage and Portland cement reduction

Reduction\Replacement	0%	5%	10%	15%
0%	R0S0	R0S5	R0S10	R0S15
5%	R5S0	R5S5	R5S10	R5S15
10%	R10S0	R10S5	R10S10	R10S15
15%	R15S0	R15S5	R15S10	R15S15

The factor of water/cement (w/c) was calculated to achieve the strength of 25MPa. Set the w/c ratio of 0.59 were calculated substitutions 5%, 10% and 15% conventional sand for FS and 5% cement reduction, 10% and 15%, all changes were made in mass (Table 5).

Table 5. Material consumption

Mixture	Consumption (kg)				
	Cement	Natural sand	FS	Crushed stone #1	Water
R0S0	8,69	14,95	0,00	32,50	5,13
R0S5	8,69	14,20	0,75	32,50	5,13
R0S10	8,69	13,45	1,50	32,50	5,13
R0S15	8,69	12,71	2,24	32,50	5,13
R5S0	8,26	14,95	0,00	32,50	5,13
R5S5	8,26	14,20	0,75	32,50	5,13
R5S10	8,26	13,45	1,50	32,50	5,13
R5S15	8,26	12,71	2,24	32,50	5,13
R10S0	7,82	14,95	0,00	32,50	5,13
R10S5	7,82	14,20	0,75	32,50	5,13
R10S10	7,82	13,45	1,50	32,50	5,13
R10S15	7,82	12,71	2,24	32,50	5,13
R15S0	7,39	14,95	0,00	32,50	5,13
R15S5	7,39	14,20	0,75	32,50	5,13
R15S10	7,39	13,45	1,50	32,50	5,13
R15S15	7,39	12,71	2,24	32,50	5,13

After separate the materials, began the molding of the test specimens (10x20cm). Before receiving the material, the mixer was dampened to control the amount of water used in the molding, thus avoiding that part of the mixing water were adhered by the equipment. The launch sequence of materials was, gravel, cement, FS and natural sand. Gradually put up water until the concrete was visually with good workability, and the Slump Test was performed according to the Brazilian Standard.

Upon reaching the desired workability ($90 \pm 10\text{mm}$) the amount of water left was measured and the factor w/c was recalculated. Sequentially began the molding of the test specimens in cylindrical molds that contained a layer of mineral oil. After molded, the specimens were taken to the humid chamber, where they remained under hydration until the test.

2.3 Axial compression strength test and tensile strength by diametrical compression

The axial compression strength tests were performed at 7, 14, 21 and 28 days. The tensile strength by diametrical compression analysis were performed only after 28 days of each mix. Such tests were performed in the Civil Engineering Laboratory of UNIJUÍ under standardized press (Figure 1), were evaluated by body-of-proof cylindrical with dimensions of 10cm in diameter and 20cm in height.



Figure 1. Axial compression strength test. Source: Authors, 2016

For the determination of the compressive strength test, specimens were placed in the center of the press, so that the resultant of the forces pass through the axis of the sample under compression. The advance of the machine was set in 0,05MPa per second. Determination of axial compressive strength is extremely simple, obtained only by the division of the rupture force by the specimen area.

To determine the tensile strength by diametrical compression first were placed two small battens on the extreme points of the test piece, so the contact with the universal test machine dishes were only along two diametrically opposed generatrices. The progress has also been set up in 0,05MPa per second up to rupture of the specimen. The result was obtained from the ratio of twice the strength at the time of rupture and the result of π multiplied by the diameter and the height of the specimen.

3. RESULTS E DISCUSSION

In order to display the results, it was decided to remove the mixtures molded with 15% cement reduction and without FS in the mix. Were there was a reduction of 15%, the concrete workability lost, making it difficult to produce the specimen.

3.1 Axial compression strength

The Figure 2 illustrates the results of the compressive strength test for age of 7 days. The results obtained without cement reduction showed best results, as it reduces 5% and 10%, the strength decreases. This behavior was expected, since the cement is responsible for generating resistance of concrete.

The R0S10 and R0S15 mixtures resulted 18,5 and 19MPa while R10S10 and R10S5 resulted in 12,2MPa and 10,8MPa respectively. It is perceived gain in strength in mixtures molded with higher FS contents.

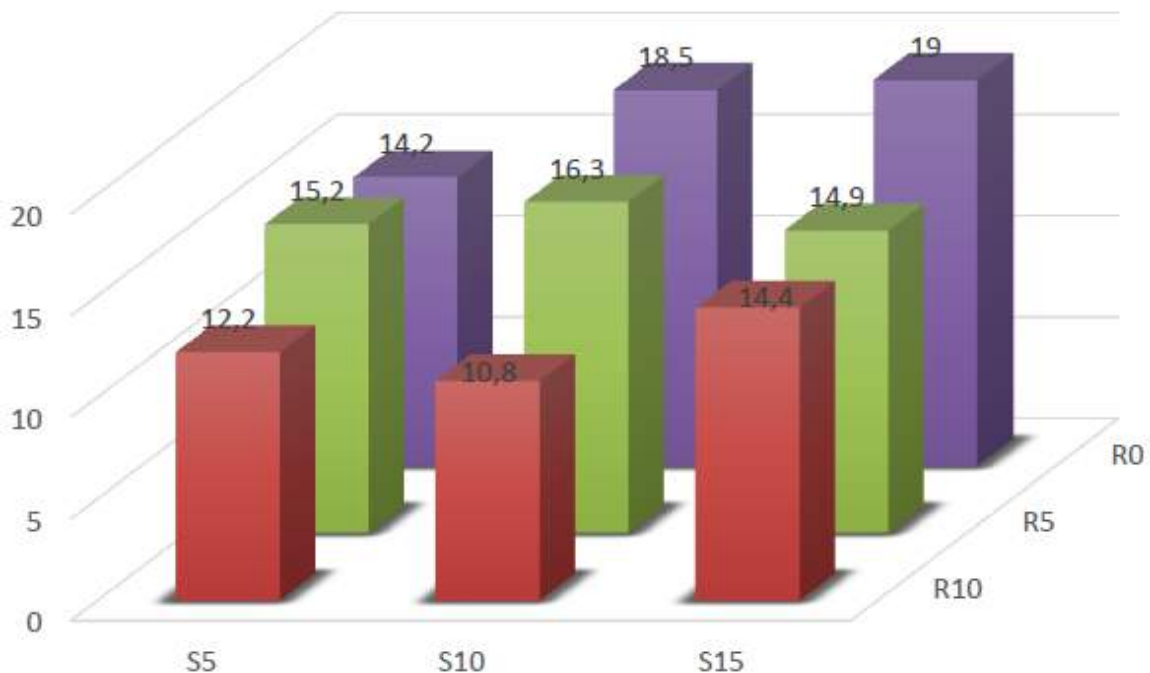


Figure 2. Axial compression strength - 7 days. Source: Authors, 2016

At 14 days (Figure 3) show up the same previous findings, especially on the low strength gain obtained in the features molded with 10% reductions. The reduction of 5% brought average drop 2MPa of strength, while 10% reduction brought downward 7MPa. It is noticed that the loss of the strength does not behave linearly with cement reduction.

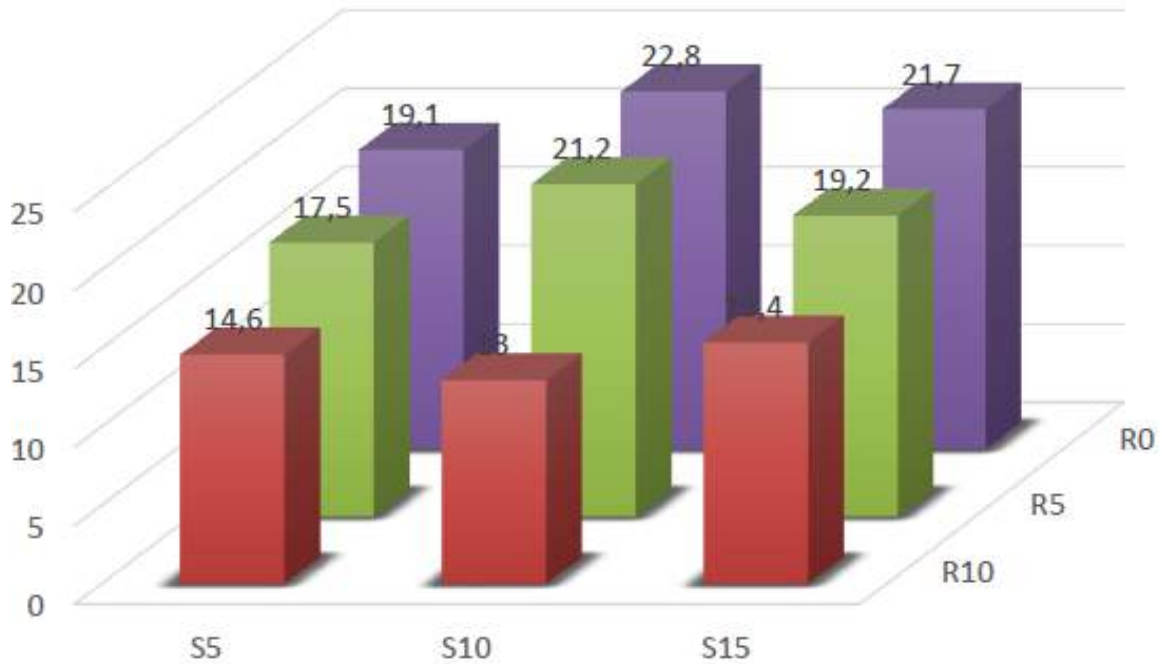


Figure 3. Axial compression strength - 14 days. Source: Authors, 2016

The Figure 4 illustrates the results obtained for 21 days. The mixtures without reducing cement and replacement of 10 and 15% natural sand by FS reached 25,8MPa while the traces with 10% reduction of cement had little evolution between 7 and 21 days.

The specimens made with a reduction of 5% cement maintained similar strength with those specimens molded without any reduction, with only a small decrease. It can be seen that 10% or more cement reductions considerably impair the compressive strength of the concrete.

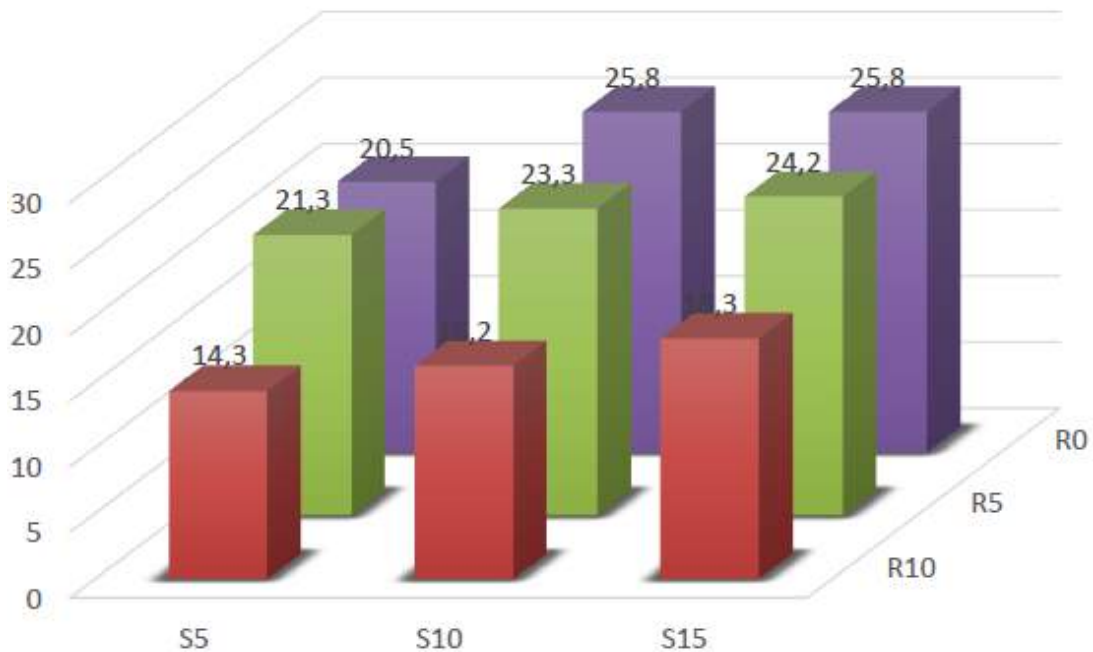


Figure 4. Axial compression strength - 21 days. Source: Authors, 2016

At 28 days (Figure 5), it was clear that a gain in strength was obtained with higher FS contents. The best results were obtained with 15% replacement of conventional sand by FS.

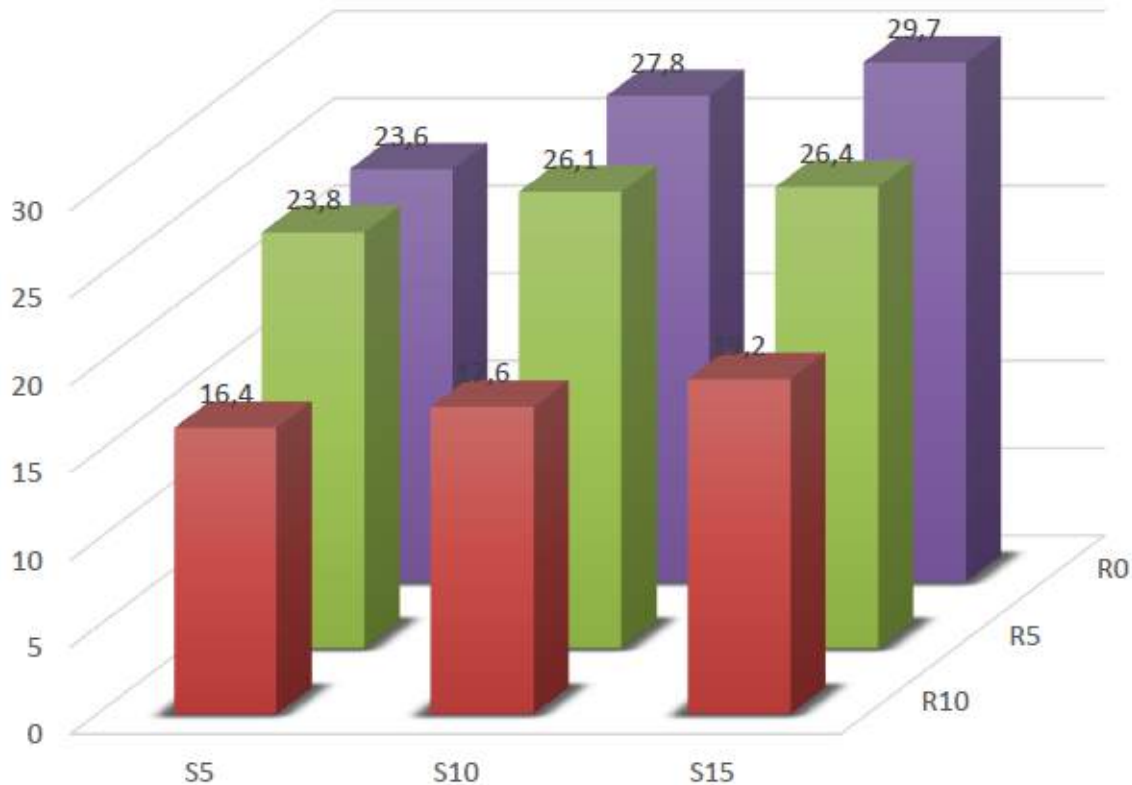


Figure 5. Axial compression strength - 28 days. Source: Authors, 2016

The mixtures R0S15, R5S10 and R10S15 reached, respectively, 29,7; 26,4 and 19,2MPa. Mehta and Aitcin (1990) cited Furquim (2006) studied partial Portland cement replacement for mineral additions and explained that the increased strength is caused by physical effects: Very small particles fill the voids and improve the effects in the transition zone, bringing up the strength of concrete. This explanation can be confirmed in this study, because the fineness modulus of FS was 1,16 and the natural sand, 1,9.

The Table 6 presents concrete properties at early age. The Slump Test was set between 8 and 10 cm, ranging from 8.5 to 10cm. Little variation in actual density was observed (γ), getting around 2500 kg/m³.

Table 6. Property of concrete at early age

Mixture	R0S5	R0S10	R0S15	R5S5	R5S10	R5S15	R10S5	R10S10	R10S15
Slump (cm)	9,5	8,5	9	10	9,5	9,5	9,8	9,5	10
γ real (kg/m ³)	Not obtained	2556,6	2516,9	2544,5	2526,8	2546,7	2524,6	2537,9	2509,1
Water consumption (kg)	4,59	4,5	4,64	4,49	4,48	4,48	4,47	4,43	4,45
w/c revised	0,53	0,52	0,53	0,54	0,54	0,54	0,57	0,57	0,57

Water consumption was greater in mixtures without cement reduction. As less cement is reduced a greater amount of water was needed to achieve the required reduction. However the ratio between water and cement has increased due to reduced amount of cement. One possible cause for the slump test stipulated value has reached a lower amount of water is the fact that when the cement is removed, the concrete loses some of its cohesiveness, being more unstable and acquiring therefore a high reduction.

3.2 Tensile strength by diametrical compression

The test was performed after 28 days. Figure 6 presents the results, where little variation was noted, between 2,8MPa (R10S15) and 3,4MPa (R0S10).

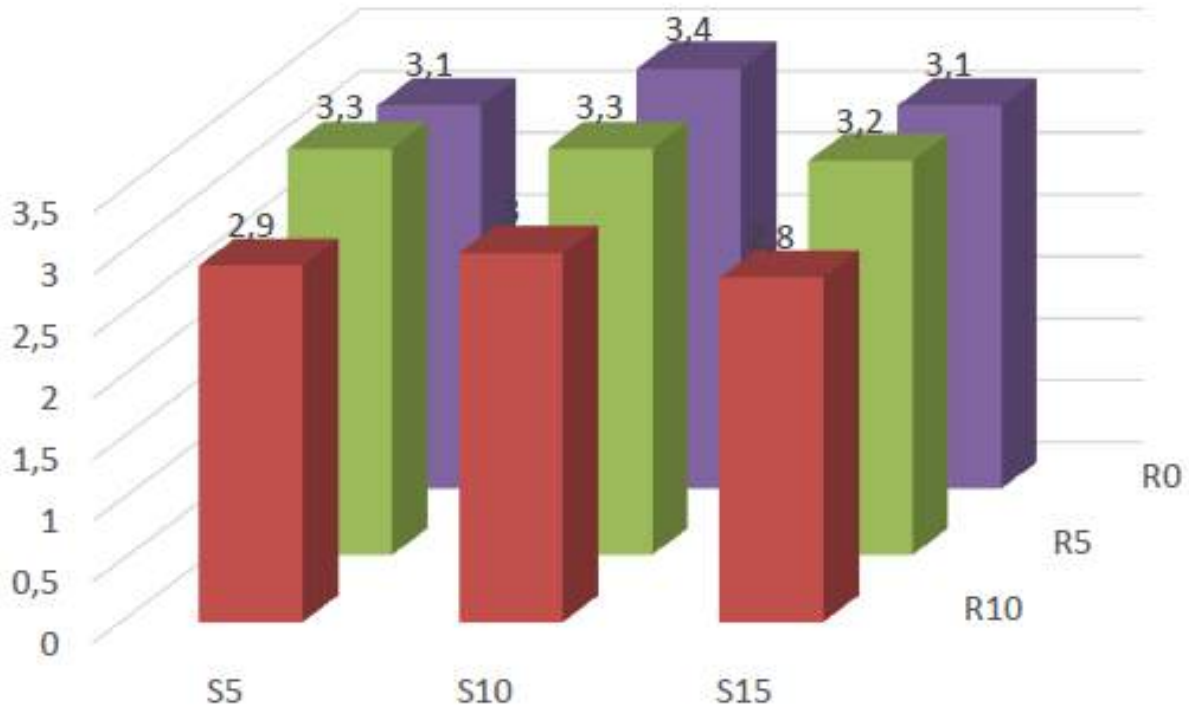


Figure 6. Tensile strength by diametrical compression - 28 days. Source: Authors, 2016

In the same manner as in the compressive strength tests, the results without reduction in cement and 5% cut were close, while 10% reduction resulted in a greater loss of strength. This data confirms the idea that 10% cement reduction would be very harmful to concrete.

4. CONCLUSIONS

The results show that the use of FS Portland cement concrete is technically feasible. Whereas the objective of this research was to promote the attractiveness of using FS by reducing cement consumption Portland in the manufacture of concrete, it can be concluded that the trace to 5% reduction of cement and replacing 15% of conventional sand for FS, presented the best technical, economic and environmental scenarios.

In terms of technical feasibility, this mixture was chosen because it got higher than 25MPa of Axial Compression Strength, value stipulated during the mix proportioning by the ABCP method. Moreover, presented tensile strength by diametrical compression 3,2MPa, at the rupture; was similar to the maximum found in the samples.

About the economic viability, this mixture can reuse 15% of FS, which correspond to approximately 9kg use of FS for each cubic meter of concrete. It infers that it is a cost-effective solution for the construction industry, which tends to pay less for raw materials, since the generating companies discards lots of this waste and has high cost for the maintenance of industrial landfills.

Finally, in respect to environmental sustainability, it should be mentioned that the reduction in cement consumption reduces the release of pollutant gases into the atmosphere, and also reduces the exploration of natural deposits.

REFERENCES

- Alves, B.S.Q. 2012. *Estudo da viabilidade ambiental da reutilização das areias de descarte de fundição*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Associação Brasileira de Fundição. 2014. *Anuário*. São Paulo: [s.n.].
- Casotti, B.P.; Bel Filho, E.D.; Castro, P.C. 2011. *Indústria de fundição: situação atual e perspectivas*. Brasília: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social.
- Lima, G.T.S. 2014. *Análise de resistência e microestrutura em concretos com substituição parcial de areia natural por areia de fundição*. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí.
- Prabhu, G.G.; Bang, J.W.; Lee, B.J.; Hyun, J.H.; Kim, Y.Y. 2015. Mechanical and durability properties of concrete made with used foundry sand as fine aggregate. *Advances in Materials Science and Engineering* (Volume 2015): 11p.
- Siddique, R.; Singh, G.; Belarbi, R.; Ait-Mokhtar, K.; Kunal. Comparative investigation on the influence of spent foundry sand as partial replacement of fine aggregates on the properties of two grades of concrete. *Construction and Building Materials* 83 (2015): 216–222
- Soares, G.D.A. 2000. *Fundição: mercado, processos e metalurgia*. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ.



Envelope assessment of university building on South Brazil reaching the eco-efficiency

Bianca Gasparetto Rebelatto

Faculty of Engineering and Architecture , Passo Fundo (RS), Brazil

biancagrebello@gmail.com

Marcos Antonio Leite Frandoloso

University of Passo Fundo, Faculty of Engineering and Architecture, Passo Fundo (RS), Brazil

frandoloso@upf.br

Rodrigo Carlos Fritsch

University of Passo Fundo, Faculty of Engineering and Architecture, Passo Fundo (RS), Brazil

rcfritsch@upf.br

ABSTRACT: The performance of a building as well as the sustainability and efficiency depend on Architectural and construction factors. Considering the importance of quality of life in a building that people spend sometimes most of their time, the analysis of such elements is essential. Therefore, the research "Assessment and diagnosis of eco-efficiency on Universidade de Passo Fundo" make the evaluation about thermal and energy efficiency with building stock of the University campus. The methodology used in this work is Energy Audit, which make a relationship of the use and occupation with several types of energy. Therefore, it can be classified using two process: static data (building constructive features, interior spaces and facilities) and dynamic data, considering time modifications such as profile use, environmental variables and energy consumption. The V2 building, part of the Engineering and Architecture Faculty (FEAR), has been choose due to the different typology between other buildings inside the campus, for instance materials and construction techniques used since 2015. The installation of temperature and humidity equipment's allowed the analysis of internal environmental conditions, as a result, this data allow the analysis of building envelope, comparing it with the labelling energy efficiency in Brazil - RTQ-C, by the prescriptive method. As a result, the labelling shows that the building envelope is not satisfactory in order to achieve an ideal efficiency. The Brazilian rules stipulates minimum requirements of buildings performance besides the implementation of new guidelines according to positive applications and criteria for the buildings of Campus I.

Keywords *Sustainability on University, energy efficiency, building envelope*

1. INTRODUCTION

Nowadays, there are a lot of worries about sustainability, including the construction and the energy efficiency in the new buildings. Climatic change caused extreme temperature ranges in different seasons of the year, demanding buildings preparation for such sudden changes. Places like universities and colleges that have studying rooms need to have some design standards accomplished to make people who use the place to feel comfortable.

According to National Energy Balance in 2013 (EPE 2014), the generation of electrical energy in public service and auto producers of Brazil reached 570.0 TWh in 2013, increasing 3.2% compared to 2012. The public service power stations with 84.8% of total generation are the mainly contributed. The major source of electric power is hydraulics, although this source reduced 5.9% compared to previous year.

The electricity generation from non-renewable sources represented 20.7% of national total, an increase comparing to 15.5% in 2012. The auto producers in 2013 represented 15.1% of total produced, considering the aggregate of all sources used.

Net imports of 39.9 TWh added to national generation, ensure an internal supply of energy power of 609.9 TWh, 2.9% more than 2012. The final consume was 516.3 TWh, an increase of 3.6% comparing to 2012. In 2013, comparing a total of 570 TWh, 48.5% (276.45TWh) of electrical energy consumption is represented by edifications, including 24.2% (137.04TWh) of total national for residential, 16.3% (92.91 TWh) for commercial and 8.0% (45.6 TWh) for public sector.

This data shows the necessity of an energy improvement in construction. A good energy efficiency is obtained by a high economy service of energy, including necessities, place, construction techniques, equipment's and systems efficiency.

According to ABESCO (Brazilian Association of Industries in Energy Conservation and Services), energy efficiency is to make more with less energy. It can be defined as an optimization of energy consumption to obtain a better result. In Brazil, as previously mentioned, there is a planning in energy sector called Energy National Plan as well as Energy Efficiency National Plan (Brasil 2011). Examples that reduce the energy necessary to attend society demands by different services: light, heat/cold, transportation, and using less energy to reduce environmental impacts.

Approximately two decades ago Brazil created National Program of Electricity Conservation (PROCEL) that help to reduce electrical fare through labelling programs for efficiency equipment's, ensuring security to the consumer with labels marks from INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia Normalização e Qualidade Industrial (Brasil 2001).

In 2003, it was created the National Program of Energy Efficiency in Edifications (PROCEL EDIFICA) by ELETROBRÁS, acting in civil construction and governmental, technology and economic sectors (Tubelo et al. 2013). The main goal is to promote rational use of energy consumption in edifications, conserving the use of natural resources, reducing waste and environmental impacts. The consumption of electrical energy represents 45% of edifications, reducing 50% of new edifications that are going to be part of energy efficiency.

In spite of the mostly Brazilian building regulations had a non-obliged character, according to the Regulations MPOG / SLTI nº2 (Brasil 2014), since August 2014 is mandatory the use of the label certification process in federal public buildings, in new construction or processes of retrofit, even with the development and dissemination of a manual to guide managers on procedures for obtaining labelling, according to the specific regulations.

The Brazilian regulation related to the building performance on energy efficiency started more than ten years ago (Carlo, 2008; CB3e, 2014; Lamberts, et al., 2011), although it's not

much disseminated in the country. This research proposes a reflection about the parameters used for the V2 construction (V2 is the name adopted by the University of Passo Fundo in a reference to the building of Engineering and Architecture courses) in order to verify if the energy efficiency was achieved or not. It also intends to contribute to the improvement of a conscious design taking into account the integration of architecture and all the systems involved in the process.

2. METHOD

According to the Brazilian regulation about energy efficiency labelling - Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos - RTQ-C (Brasil 2010, 2013) - the certification can be obtained in two ways. For the building design and construction, the evaluation can adopt the prescriptive method or software simulation (Lopes et al. 2011 a, b); the as-built assessment should be obtained by an in-situ evaluation, following the requisites of the normative of the evaluation of level compliance RAC-C - Regulamento de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (Brasil 2013). The labelling considers five levels: from A, B, C, D and E (the more efficient to the less efficient, respectively).

The normative principles include three issues: the thermal performance of the building envelope; the efficiency of lighting systems and the efficiency of HVAC systems (heating, ventilation and air conditioning).

The envelope performance considers solar orientation, glass surfaces, thermal properties of materials and shadow on the façades. The lighting systems are evaluated by the installed power for artificial lighting and strategies for the use of natural light. Finally, the air conditioning systems considers performance coefficients of independent or central systems (Lopes et al. 2011 a, b).

It was chosen to analyse just the building envelope due to the fact that the air conditioning system still in installation process and as well as the lighting system, which is in complementary evaluation.

The present evaluation of the building named V2, the envelope thermal performance adopts the prescriptive method of RTQ-C (Brasil 2013). Then, the work was divided in the characterization of the building, data collection for the prescriptive method, calculation procedures and determination of the prerequisites.

The real indoor conditions were analysed through temperature and humidity measuring devices - data-loggers testo, models 175-H2 e 175-T1.

3. CASE STUDY

The University of Passo Fundo (UPF) is a multi-campus university, located in Southern Brazil; the main campus occupies a peripheral zone of the city, the building park is of around 110 thousand square metres, receiving a population of around 22.000 users (including students, teachers and staff) with several impacts on the neighbourhood context and mobility (Frandonoso & Brandli 2015).

The building study named V2: Faculty of Engineering and Architecture by the University is located in Campus I, the main campus of University of Passo Fundo, close to the Law Faculty and Technologic and the Science Park of Civil Engineer (CETEC I and II), according to Figure 1. The initial physical data characterized the area with a different construction and design typology. The building has an educational use with studying and draw rooms, living places

and services. The construction is for Architecture and Engineer students of UPF, and is composed by three floors, of which the ground floor has 1254.18 sq. meters, the first floor has 1171.24 sq. meters and the last one has 1245.50 sq. meters, totalizing a construction area of 3670.92 sq. meters for 1135 students.

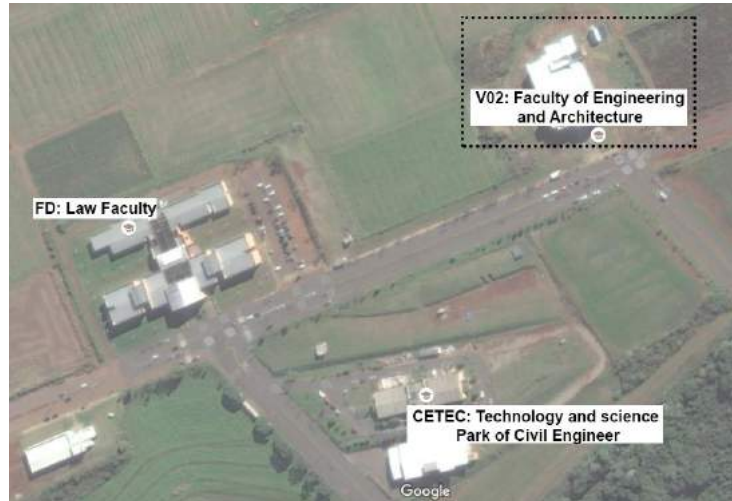


Figure 1. Sitting. Source: adapted of Google Maps, 2016.

The building was constructed between 2014 and 2015 with reinforced concrete cast on site, exterior closures in masonry brick 6 holes, internal partitions of plasterboard. The main façade is composed by aluminium composite plates (ACM) and spider glass system, showed in Figure 2. For West and East façades it was used vertical shadowing as a protection in the second and third floor.



Figure 2. Building V2. South and East Façades.

4. BUILDING EVALUATION

After getting all the necessary information about the building architecture and construction, it was identified the efficiency level acquired by the building V2 and then established normative prescriptions and partial classifications for the building envelope.

For the commercial building to be classified, the normative distributes three different percentages for each requirement, and the final classification is determined according to this percentage punctuation that varies between A (more efficiency) and E (less efficiency) presented by ENCE – National Label of Energy Conservation, see Figure 3.

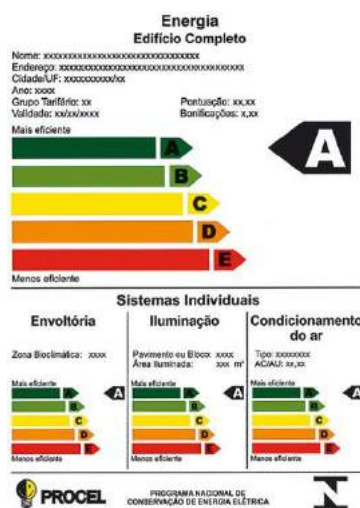


Figure 3. Energy Labeling – ENCE. Source: Brasil 2014

4.1 Data collection

Passo Fundo is located in the Bioclimatic Zone 2 according to the NBR 15220 (ABNT 2005), with warm summer and cold and humid winters. The climate data present a high thermal amplitude even in a same day; it means a complex climate to reach ideal comfort conditions. The average temperature for each season is presented in the Table 1.

Table 1: Average temperature and relative humidity. Source: PROJETEEE 2014.

Season	Temperature	Humidity
	°C	%
Summer	20.94	76.00
Autumn	24.36	77.67
Winter	14.40	78.66
Spring	19.60	73.27

To analyse and classify the building envelope, which represents 30% of general classification, composed by walls, openings and roof, it was collected physical data of the building V2, presented in Table 2, Table 3 and Table 4:

Table 2: Building Envelope

		Numerical Equivalent
AU	Useful Area (m ²)	3.670.92
Atot	Total Area (m ²)	3.670.92
Apr	Roof Projection Area (m ²)	1.357.10
Aenv	Envelope Area (m ²)	2.240,71
V tot	Building Volume (m ³)	14.572.40
PFO	Total percentage of façade opening (%)	0.19
VSA	Vertical shadowing angle	20.43
VHA	Horizontal shadowing angle	9.31
FS	Solar factor	0.87
α wall	Sola absorptance wall	0.64
α roof	Solar absorptance roof	0.25
U wall	Thermal Transmittance wall (W/m ² k)	2.4
U roof	Thermal transmittance roof (W/m ² k)	0.6
IC min	Consumption indicator minimum	24.09
IC max	Consumption indicator maximum	50.78
IC env	Building envelope consumption indicator	6.67

* considered: Bioclimatic Zone 2; Ape (projection area of the building) >500m²

Table 3 Building Data

Floors	Area (m ²)	Volume (m ³)
Ground	1.254.18	4.515.04
Second	1.171.24	4.216.46
Third	1.245.50	4.483.80
Roof	1.357.92	-

Table 4: Envelope Data

Façade	Area (m ²)	Opening (m ²)
West	816.85	129,46
East	659.26	97,67
North	382.69	37,57
South	381.91	153,39

4.1.1 Height Factor (HF)

The number of height factor found through the division of roof projection area and total area, showed in the Figure 4, is 0.37.

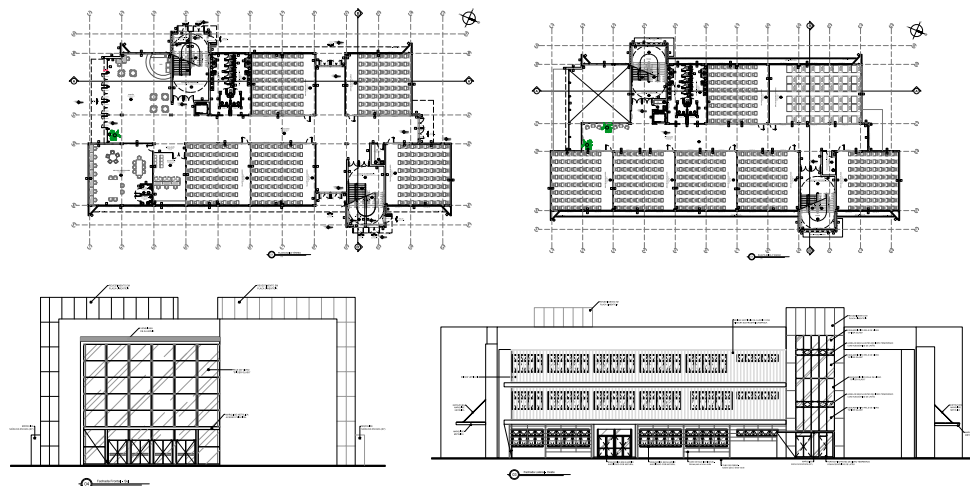


Figure 4. V2. Ground and 2nd Floor Plans; South and East Façade. Source: Setor de Projetos UPF, 2014.

4.1.2 Form Factor (FF)

Through the division of envelope area with total area, it was acquired 0,15 for the value of form factor. It is classified in two: form factor maximum for buildings with projection area less than 500 sq. meters and form factor minimum for buildings with projection area more than 500 sq. meters and it depends on the bioclimatic zone that the building is situated.

4.1.3 Total Percentage of Façade Opening (PFOT)

It represents an average value obtained through the percentage of openings in each façade. It needs to be verify through the calculation of west façade (PFOw) and if it is 20% more than PFOT, it needs to use PFOw in the equation. For the calculation of PFOT the parallel solar protection with the superior part closed in the façade needs to be disregarded. The total percentage of façade opening is 0,19%.

4.1.4 Solar Factor (FS)

The solar factor is the gain of heat and solar radiation that goes through spaces by an opening. Includes radiant heat transmitted by glass and solar radiation absorbed that is irradiated or transmitted for the space by conduction or convection processes. The solar factor considered is relative of an orthogonal solar radiation incidence in the opening.

The building V2 has transparent openings of tempered glass 10mm, then it was used FS=0.80, according to Santos & Roriz (2012).

4.1.5 Vertical Shadowing Angle (VSA)

It is the angle formed between two different planes that have an opening base: the horizontal plane of the glass sheet base and the further extremity horizontal solar protection up to the glass sheet base; the maximum value for it is 45°.

The west and east façade's in the second and third floor have vertical shading protection, which considers zero for the angle because it can be completed closed.

In the Table 5 are being showed façade data; the global value found for the Vertical Shadowing Angle is 20.43°, according to normative equation (1).

$$VSA = \frac{(VSA_{NORTH} \times A_{openingNORTH}) + (VSA_{SOUTH} \times A_{openingSOUTH}) + (VSA_{EAST} + A_{openingEAST})}{A_{totalopening}} \quad (1)$$

Table 5: Vertical shadowing angle

Façade	Opening m ²	Angle °
West	20.87	13 and 37
East	18.10	19 and 38
North	11.73	9 and 10
South	20.00	35

4.1.6 Horizontal Shadowing Angle (HSA)

It is represented by the angle formed between two different vertical plans: base of glass sheet and further extremity of horizontal solar protection until the base glass sheet. The maximum value of HAS is 45°.

Through the calculation of horizontal shading angle (equation 2), it is obtained 9.31°, in this way, if the value found is less than 10°, according to RTQ-C, it is used zero for HAS calculation.

$$HSA = \frac{(HSA_{WEST} \times A_{openingWEST}) + (HSA_{EAST} \times A_{openingEAST})}{A_{totalopening}} \quad (2)$$

4.2 Calculation of Consumption Indicators

For each Brazilian Bioclimatic Zone exists two equations of building envelope performance, one of it is for edifications that have projection area less than 500m². The second one is for edifications with more than 500m² for projection area. The Brazilian bioclimatic zoning is established by the norm called NBR 15220 – Part 3 (ABNT 2005). The building envelope performance is characterized by consumption indicator, that needs to be compared with a numeric scale divided in different breaks that represents one level of classification, varying from “A” (more efficiency) to “E” (less efficiency).

It was used the second equation (3) to obtain the envelope classification, according to RTQ-C (2013), due to the fact that the building V2 has more than 500m² and it is located in Bioclimatic Zone 2, according to NBR 15220 (ABNT 2005).

$$IC_{env} = -14,14.HF - 113,94.FF + 50,82.PF_{ot} + 4,86.FS - 0,32.VSA + 0,26.HSA - \frac{35,75}{FF} - 0,54.PF_{ot}.HSA + 277,98 \quad (3)$$

where HF: height factor; FF: form factor; PFTOT: total percentage of façade opening; FS: solar factor; VSA: vertical shadowing angle; HAS: horizontal shadowing angle

For the calculation of efficiency level is used the maximum and minimum consumption level's (IC) for the building, through the equation described above, only modifying values of PAFt, SF, VSA, HAS, as presented in the Table 6 and Table 7.

Table 6. IC maximum				Table 7. IC minimum			
PFO	FS	VSA	HAS	PFO	FS	VSA	HAS
0.60	0,61	0	0	0,05	0,87	0	0

The values obtained for maximum IC is 50.78 and minimum 24.09. The values obtained was considered breaks, which are divided in 4 more sub-breaks through the equation 4 bellow:

$$i = \frac{IC_{max} - IC_{min}}{4} = \frac{50.78 - 24.09}{4} = 6.67 \quad (4)$$

Applying the equation for consumption indicator (CI) it was found 30.77. Comparing the maximum and minimum limits for each classification it gets to the final building envelope classification.

By the comparison with CI calculation and the limits presented above, it is concluded that the building V2 is classified as A.

4.3 Pre-requisites Determination

Despite of the building V2 A classification, it is necessary to verify others pre-requisites specified by walls and roof thermal transmittance, according to NBR 15220 (ABNT 2005). The parameters stipulated are showed in the Table 8.

Table 8. Envelope Requirements			
Level	Thermal Transmittance		Absorptance
	Wall	Roof	
A	1.00	1.00	<0.50
B	1.00	1.50	<0.50
C and D	3.70	2.00	-

For the walls that have ceramic blocs and mortar, the thermal transmittance is 2.4(W/m²K). The ceramic bloc with mortar, air layer, and aluminium composite plate has thermal transmittance of 1.6 W/m²K.

The roof thermal transmittance is 0.6 W/m²K. The comparison of the values obtained through calculations of thermal transmittance with values established from RTQ-C fits the building V2 in category C or D for walls thermal transmittance and A for roof thermal transmittance.

5. ANALYSIS AND RESULTS

The research focus on the evaluation of envelope performance due to its impact on the energy efficiency level of the HVAC system performance, in order to minimize or not the loads related to solar radiation and occupancy.

According to prescriptive method of the RTQ-C calculations, it is concluded that the edification could have an A building envelope classification. However, analysing the thermal transmittance of walls it was realized that the use of certain materials was not enough to get the higher level of classification. In this way, the building is C and D level efficiency. The coverage has A classification due to the use of better materials and insulation materials such as extruded polystyrene foam and air layer. As a general result, the building was classified as C and D for envelope performance.

As mentioned, the HVAC is yet in installation and connection to the power grid process, and the lighting system was analysed in another research field. Obviously, when all the three aspects are ready (envelope, lighting, and especially HVAC) the assessment will be integrated, in order to present the complete level of the building energy efficiency.

Comparing the envelope performance with the indoor temperature and relative humidity, measured using Testo® data-loggers, the labelling corresponds to the environmental conditions. The data presented on Table 9 indicates that the thermal insulation of walls and roof allow a great heat gains in hot periods, also heat loss in the cold season, in order to corresponds to the wide temperature range. It means that the building envelope influences in an inadequate heat balance. In the operation of HVAC, its load performance will suffer direct influence and, consequently, it will consume more energy than an ideal eco-efficient building.

Table 9 Indoor conditions (08/03/2016 – 31/05/2016)

Room	Solar Orientation	Indoor conditions	Min.	Max.	Average
204	East	RH (%)	53,20	99,90	79,91
		Temp (°C)	11,30	30,00	20,81
304	East	Temp (°C)	12,30	29,80	20,44

6. CONCLUSION

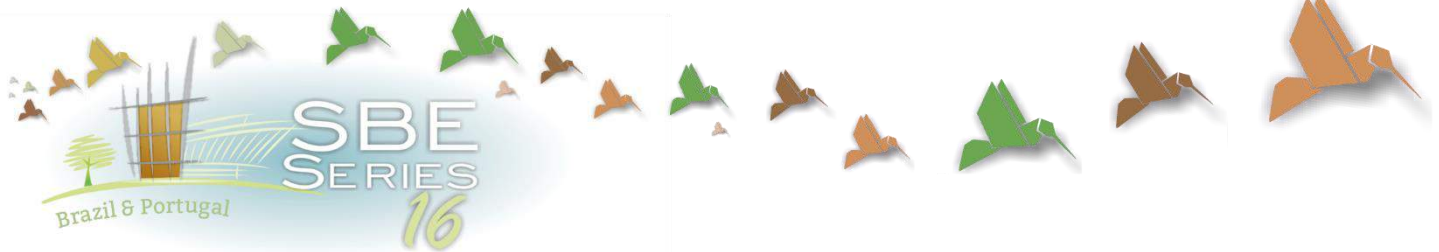
The evaluations took into consideration only the aspects connected to the building envelope, which achieved the level A of classification for the coverage and C and D for the remainder. Levels C and D are a consequence of the walls' transmittance that did not achieve desirable performance in order to reach a higher level of classification.

This paper demonstrates that the decisions made during the design phase, as well as the materials and techniques used in the construction of the building V2 will serve as the basis for the decisions that will be taken for the construction of others buildings, which are part of a complex of 5 buildings that makes up the Faculty of Architecture and Engineering (FEAR). This analysis is of extreme importance to obtaining further constructive guidelines, aimed at energy efficiency and sustainability in the campus.

REFERENCES

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2005. *NBR 15220: desempenho térmico de edificações*. Rio de Janeiro: ABNT.
- ABNT -Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2013. *NB 15575-1: Desempenho de edifícios de até cinco pavimentos: parte 1: requisitos gerais*. Rio de Janeiro: ABNT.
- Amorim, C. N. D et al. 2010. Energy efficiency code in Brazil: experiences in the first public building labeled in Brasilia. In: *Fourth National Conference of IBPSA-USA. New York City, New York. August 11 – 13, 2010*.
- Brandalise, M. P. et al. 2016. Analysis of the Brazilian Standards for Energy Efficiency Regarding the Variation of Internal Load Density in Office Buildings in Brazilian Bioclimatic Zones 1 and 7. *Journal of Civil Engineering and Architecture*: 10, 22-36. DOI:10.17265/1934-7359/2016.01.003.

- Brasil. 2001. *Lei n. 10.295, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia*. Lex: Diário Oficial da União, Brasília. [Access: 25 May 2011]. Available at: <<http://www.inmetro.gov.br/qualidade/lei10295.pdf>>.
- Brasil. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO. 2010. *Portaria INMETRO 372/2010 de 17 de setembro de 2010*. In: INMETRO [On-line]. [Access: 4 Dec. 2012]. Available at: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001599.pdf>>.
- Brasil. Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético. Departamento de Desenvolvimento Energético. 2011. *Plano nacional de eficiência energética: premissas e diretrizes básicas*. In: Ministério de Minas e Energia [On-line]. Brasília, 18 de Oct. 2011. [Access: 11 Feb. 2013]. Available at: <<http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/PlanoNacEfiEnergetica.pdf>>.
- Brasil. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO. 2013. *Portaria n.º 50, de 01 de fevereiro de 2013*. In: INMETRO [On-line]. [Access: 25 Nov. 2014]. Available at: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001961.pdf>>.
- Brasil. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO. 2013. *Portaria n.º 299, de 19 de junho de 2013*. In: INMETRO [On-line]. [Access: 25 Nov. 2014]. Available at: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001982.pdf>>.
- Brasil. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação. 2014. *Instrução normativa (IN) N.º 02, de 04 de junho de 2014*. In: DataPrev [On-line]. [Access 25 Nov 2014]. Available at: <<http://www010.dataprev.gov.br/sislex/paginas/38/MPOG/2014/2.htm>>.
- Carlo, J. C. 2008. Desenvolvimento de Metodologia de Avaliação da Eficiência Energética do Envolvimento de Edificações Não-residenciais. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGEC, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis: UFSC [Access 22 Apr. 2011]. Available at: <http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/teses/TESE_Joyce_Correna_Carlo.pdf>.
- CB3e - Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações – UFSC. 2014. Manual para etiquetagem de edificações públicas: Gestor Público. Rio de Janeiro: CB3E, Inmetro, PROCEL-EDIFICA, Eletrobras.
- EPE. Empresa de Pesquisa Energética. 2014. *Balanco Energético Nacional 2014: Ano base 2013*. Rio de Janeiro: EPE.
- Frاندoloso, M. A. L. & Brandli, L. L. 2015. How to improve eco-efficiency and indoor comfort at University of Passo Fundo - Brazil. *Journal of Civil Engineering and Architecture*: 9, 179 – 187.
- Lamberts, R. et al. 2011. Método de simulação: edifícios comerciais, de serviço, públicos e residenciais. LABEE-UFSC, oct. 2011.
- Lopes, M. N. et al. 2011. The building simulation as an alternative method in Brazilian energy efficiency labeling of commercial buildings. In: *Proceedings of Building Simulation 2011:12th Conference of International Building Performance Simulation Association, Sydney, 14-16 November 2011*. 2040-2047.
- Lopes, M. N. et al. 2011. Development of computational tool to evaluate the building efficiency level according to the Brazilian labeling. In: *Proceedings of Building Simulation 2011:12th Conference of International Building Performance Simulation Association, Sydney, 14-16 November 2011*. 2055-2062.
- PROCEL. 2012. *Manual para aplicação dos Regulamentos RTQ-C e RAC-C*. In: PROCEL Info. [On-line] Rio de Janeiro: PROCEL/Eletrobras, 2012.
- PROJETEE. 2014. *RS-Passo Fundo. Dados climáticos*. In: PROJETEER [On-line]. [Access 20 Apr. 2016]. Available at: <<http://150.162.76.139/graficos/>>.
- Santos, J. C. dos & Roriz, M. 2012. Influência do ângulo de incidência nos ganhos de calor solar através de materiais transparentes. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, 12-1, 149-161, jan./mar. 2012.
- Tubelo, R. C. S. et al. 2013. A Parallel between the Brazilian Energy Labelling System and the Passivhaus Standard for Housing. In: *PLEA2013 - 29th Conference, Sustainable Architecture for a Renewable Future, Munich, Germany 10-12 September 2013*.



Sustentabilidade em edificações na Região Metropolitana da Grande Vitória: Gestão de materiais de construção, resíduos e certificações ambientais

Daniela Paoli Thompson

Graduanda, Faculdade Brasileira, Vitória (ES), Brasil
danipaolit@gmail.com

Juliana Silva

Graduanda, Faculdade Brasileira, Vitória (ES), Brasil
juliana.arq1@gmail.com

Kevin Espicalski

Graduando, Faculdade Brasileira, Vitória (ES), Brasil
kevinespicalski@hotmail.com

Marina de Souza Rovetta

Graduanda, Faculdade Brasileira, Vitória (ES), Brasil
marinarovetta@hotmail.com

Natalia Correa Nunes

Graduanda, Faculdade Brasileira, Vitória (ES), Brasil
natalia.nunes@live.com

Aline Silva Sauer

Docente, Faculdade Brasileira, Vitória (ES), Brasil
alinesisa@hotmail.com

Fabrcia Delfino Rembiski

Docente, Faculdade Brasileira, Vitória (ES), Brasil
frembiski@gmail.com

Sandra Moscon Coutinho

Docente, Faculdade Brasileira, Vitória (ES), Brasil
sandramoscon@gmail.com

RESUMO: A expansão do setor da construção civil, devido ao crescimento da população mundial e aumento da expectativa de vida são responsáveis pela geração de impactos. A conscientização ambiental dos consumidores e o aumento das tarifas das concessionárias estimularam às construtoras na adoção progressiva de requisitos de qualidade ambiental, como a gestão de resíduos, a seleção de materiais de construção e a certificação de desempenho ambiental de edificações. Diante disso, essa pesquisa busca analisar os requisitos de qualidade ambiental relativos à gestão de materiais, resíduos, e certificações ambientais em edificações concluídas a partir de 2010, em obra ou em lançamento, localizadas na Região Metropolitana da Grande Vitória (Espírito Santo, Brasil), executadas por empresas construtoras ativas e associadas ao Sindicato da Indústria da Construção Civil no Estado do Espírito Santo. O método utilizado consiste em pesquisas de levantamento, realizadas pela internet, dos dados disponibilizados nos sites das construtoras selecionadas. Como resultado observou-se que apenas 1/3 das edificações possuem algum requisito de qualidade ambiental, raras são as edificações com algum sistema de certificação de desempenho ambiental e a maioria das construtoras não descreve a gestão de resíduos como uma ação sustentável.

Palavras-chave *Sustentabilidade, Gestão, Resíduos, Materiais, Certificações Ambientais.*

1. INTRODUÇÃO

No final do século XX, a questão da sustentabilidade ganhou força, especialmente em função da crise energética mundial associada ao reconhecimento da influência da queima de combustíveis fósseis, entre outros fatores, às mudanças climáticas globais (Proskuryakova & Filippov, 2015). Somado a isso, a expansão do setor da construção civil, decorrente do crescimento da população e aumento da expectativa de vida, fez com que no Brasil, e em outros países, fossem observados vários impactos originados desse setor (Franzoni 2011, Gurgun *et al.* 2015, Lazzarini & Penna 2015).

Desse modo, nas últimas quatro décadas houve uma expansão do mercado de construção sustentável no Brasil e no mundo (Bortolini *et al.* 2015, John *et al.* 2007). Contudo, verifica-se a escassez de leis e normas sobre edificações de baixo impacto ambiental, gestão de resíduos do canteiro de obras e especificação de materiais de construção sustentáveis (Ribeiro & Castro 2012, Minas Gerais 2008).

Associada ao grande consumo de matéria prima para produção dos materiais de construção, outra grande preocupação da construção sustentável é a alta geração de resíduos. A gestão de resíduos de construção civil (RCC) no canteiro de obras compreende segregação, acondicionamento e destinação final. Essa gestão está associada às questões de concepção do projeto, desperdício de materiais, falta de qualificação da mão de obra e outros (Rembiski, 2011). Tam & Tam (2006) recomendam a elaboração de um plano de gerenciamento, conforme tecnologias construtivas e organização dos canteiros.

No Brasil, para os projetistas, o material de construção sustentável está associado à produção artesanal, sem controle de qualidade e uso de matérias primas reaproveitadas, o que ocasiona algumas limitações ao uso como o desconhecimento da durabilidade, desempenho e eficiência (Silva, 2012).

Visando garantir o uso de materiais de construção sustentáveis e a redução na geração de resíduos durante a obra, entre outros requisitos, foram criados os sistemas de avaliação de desempenho ambiental em edificações. Estes sistemas possuem categorias e critérios diferentes, e são de adesão voluntária. Por isso, no Brasil, ainda é pequeno o número de edificações certificadas, sendo inferior a 300 em 2014 (Lazzarini & Penna, 2015).

Na falta de certificações creditadas no país, os modelos internacionais são usados em larga escala, como o LEED Brasil e o Alta Qualidade Ambiental (AQUA-HQE), baseado no selo francês *Haute Qualité Environnementale* (HQE) (Lauriano, 2013). O Selo Casa Azul da Caixa Econômica Federal (CEF) foi o primeiro sistema de classificação para projetos habitacionais sustentáveis do Brasil.

Assim, o referido cenário da construção sustentável ocorre porque a maioria das organizações não compreende o conceito da sustentabilidade e as melhorias ocorrem de forma ocasional (Lauriano, 2013). As empresas do setor de construção civil usam a sustentabilidade como ferramenta para realizar negócios, seguindo uma tendência de mercado para atender as pressões dos consumidores (Silva, 2012).

Esta constatação também ocorre no Estado do Espírito Santo, onde são desenvolvidas algumas ações referentes à construção sustentável, inicialmente, por algumas construtoras (Farias Filho *et al.*, 2005) e por alguns escritórios de Arquitetura (Venâncio, 2010). Porém, segundo Bastos (2012) a maioria das ações tratam-se de medidas em longo prazo, constituintes de programas em fase de desenvolvimento pelo Governo Estadual.

Neste cenário encontra-se a Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV), área de estudo dessa pesquisa, situada no Estado do Espírito Santo (Brasil). A Região foi criada em 1995 e é uma das mais recentes do Brasil, sendo formada por sete municípios: Vitória (capital do Estado), Cariacica, Vila Velha, Serra, Fundão e Guarapari. Estes municípios abrangem 48% da concentração da população do Estado, equivalente a 1.687.704 habitantes (Brasil, 2010).

Este artigo apresenta resultados parciais de uma iniciação científica iniciada em setembro de 2015 que visa, analisar a sustentabilidade nas edificações construídas desde 2010, concluídas, em obra e em lançamento, na RMGV. O grupo é composto por alunos e professoras do curso de Arquitetura e Urbanismo. Os resultados até então obtidos, estão apresentados em três artigos divididos por temas: Caracterização geral; Gestão da água e da energia; Gestão de materiais de construção, resíduos e certificações ambientais.

Assim, o artigo analisa os requisitos de qualidade ambiental relativos aos materiais de construção, a gestão de resíduos e, a certificações ambientais em edificações concluídas, em obra ou em lançamento desde 2010, situadas na RMGV, executadas por empresas construtoras ativas e associadas ao Sindicato da Indústria da Construção Civil (SINDUSCON-ES).

2. METODOLOGIA

Embasado na pesquisa bibliográfica, este trabalho possui característica descritiva, realizado através de levantamento de dados que, segundo Gil (2002), trata-se da coleta de diversas informações sobre determinado assunto, a fim de, por meio de uma análise quali-

quantitativa, registrá-las e avaliá-las. Iniciou-se a revisão bibliográfica para aproximação do tema e diversas fontes foram utilizadas como artigos, livros, dissertações e teses.

Em abril de 2016, iniciou-se a pesquisa de coletas de informações das empresas construtoras, tendo como base a lista disponível no *site* do SINDUSCON-ES que continha 110 empresas associadas. A identidade das empresas construtoras pesquisadas, bem como dos seus empreendimentos, não serão divulgados nessa pesquisa.

Os alunos foram divididos em grupos para investigação de dados disponíveis exclusivamente via *internet*, através de informações dos *sites* dessas empresas associadas. Nesse primeiro momento foi possível caracterizá-las como ativas ou inativas e seus principais setores de atuação (construção, planejamento, fundação, entre outras).

A partir de então, dentre as empresas construtoras ativas selecionadas, realizou-se um levantamento das edificações concluídas nos últimos seis anos, em obras e em lançamentos, pertencentes a essas empresas. Assim, apenas as empresas que divulgaram em seus *sites* produzir e comercializar edificações requisitos de qualidade ambiental foram selecionadas para a análise dos dados.

É importante informar que, para essa seleção não houve critério de quantidade de requisitos implantados e sim a existência ou não de algum requisito nas edificações. Com isso, o número inicial encontrado foi reduzido significativamente. Todos os dados obtidos foram registrados em tabelas, para melhor visualização e análise dos resultados.

Assim, com a coleta de dados para caracterização das construtoras, iniciou-se o registro dos dados referentes às edificações selecionadas. Nesta etapa, foram registrados, entre outros dados, os requisitos relacionados à gestão de materiais e resíduos, bem como a adoção de certificações ambientais nas edificações.

Quanto ao uso de materiais de construção sustentáveis foram registrados a especificação dos mesmos pelas empresas construtoras. Sobre a gestão de resíduos de construção civil (RCC), foram apontadas ações definidas no canteiro de obras, como coleta seletiva, reciclagem, doação para entidades sem fins lucrativos, entre outros. Além destes requisitos, também foi registrada a adoção ou não de certificações ambientais nas edificações e se essas eram próprias das construtoras ou reconhecidas em nível nacional.

3. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

A coleta de dados partiu de uma lista com 110 empresas associadas, disponível no *site* do SINDUSCON-ES, em abril de 2016. Durante a pesquisa nos *sites* dessas empresas, descobriu-se que 5 delas estavam inativas e 17 não eram construtoras. Dessa forma, iniciaram-se as investigações nas 88 empresas restantes.

Entretanto, como o foco dessa pesquisa é investigar os requisitos de qualidade ambiental que as empresas construtoras estão implantando em seus empreendimentos na RMGV, foram descartadas aquelas que, mesmo ativas, não divulgavam informações sobre a presença de tais aspectos em seus edifícios. Chegou-se assim, a 44 empresas construtoras ativas, associadas ao SINDUSCON-ES responsáveis pela construção de 182 edificações com requisitos de qualidade ambiental na RMGV desde 2010.

Ainda neste cenário, observou-se que mais de 82% das construtoras analisadas não disponibilizava em seus *sites* informações sobre algum desses requisitos (gestão de resíduos, materiais de construção e certificações ambientais) adotadas em seus empreendimentos. Isso pode ser um indicativo que:

- (a) as empresas não consideram essas informações importantes para os consumidores;
- (b) o *site* não é relevante para comercialização de seus produtos;
- (c) a construtora não realiza esses requisitos em seus empreendimentos;
- (d) o planejamento estratégico da empresa ou o setor de *marketing*, ainda, não estão alinhados com a crescente conscientização ambiental dos consumidores, entre outros.

Além disso, a presença dos requisitos de qualidade ambiental nessa pesquisa (materiais, resíduos, certificações ambientais) variava segundo a tipologia do empreendimento conforme Tabela 01, na qual se observa a predominância desses requisitos em edifícios residenciais multifamiliares.

Tabela 01. Presença de requisitos ambientais por tipologia

Tipologia dos empreendimentos	Quantidade (Nº)	Quantidade (%)
Residencial	46	25,3
Comercial	10	5,5
Uso misto	10	5,5

Nesse contexto, entre os 182 empreendimentos analisados, apenas 24 indicam possuir canteiros de obras sustentáveis, sendo que 20 deles pertenciam a apenas duas construtoras, sendo uma com abrangência nacional e 54 anos de mercado, enquanto a outra possui 41 anos de mercado e abrangência local. Esse resultado encontrado pode indicar que a maioria das construtoras, ainda não realiza o planejamento do canteiro de obras de forma sustentável, visando reduzir os impactos ao meio ambiente.

Isso confirma os resultados de Coutinho (2013), que após análise em canteiros de obras localizados em Vitória (ES), observou-se que a sustentabilidade na fase de construção apresentava-se incipiente, e, apesar de algumas empresas adotarem determinadas ações, essas ocorriam de forma não sistematizada e com informalidade nos processos, observando-se que ainda há muito que se desenvolver. A autora afirma que adotar medidas de sustentabilidade na fase de construção da edificação pode ser um diferencial, e as construtoras pioneiras nessa implantação poderão se destacar no mercado, e esse vir a ser um fator de competitividade.

3.1 Requisitos relativos à gestão de materiais de construção

Em relação ao uso de materiais de construção considerados sustentáveis (Tab. 04), 80,2% dos empreendimentos analisados não possuíam nenhuma informação no *site*. Por sua vez, nos demais empreendimentos (19,8%), os materiais mais citados foram: madeira certificada (13,7%); escoramento metálico (6,0%) e gesso acartonado (3,8%). Todavia, a classificação desses materiais como sustentáveis não possui consenso entre os pesquisadores. Pressupõe-se que o uso da madeira certificada seja atribuído a presença de programas de certificação nacionais e internacionais há mais de duas décadas no país.

Tabela 04. Materiais descritos nos *sites* dos empreendimentos

Tipos de materiais	Quantidade(Nº)	Quantidade (%)
Madeira certificada	25	13,7
Escoramento metálico	11	6,0
<i>Light Steel Frame</i>	8	4,4
Gesso acartonado	7	3,8
Tinta a base de água	1	0,55
Materiais com resíduos incorporados	1	0,55
Materiais locais	1	0,55
Materiais com baixa emissão de COV	1	0,55
Materiais ambientalmente responsáveis	1	0,55

Ainda que o resultado dos materiais utilizados não tenha sido significativo nos empreendimentos, durante a análise nas construtoras foram identificados requisitos de qualidade ambiental relacionados aos materiais (Tab. 05), dentre os quais se destaca a otimização do uso, visando à redução da geração de resíduos no canteiro de obras.

Tabela 05. Materiais e práticas usadas pelas construtoras

Informação	Quantidade(Nº)	Quantidade (%)
Otimização do uso de materiais	4	9,1
Uso de componentes pré-fabricados	2	4,5
Pavimentação permeável	1	2,3
Telhado verde	1	2,3

Segundo Lazzarini & Penna (2015), a baixa eficiência nos processos de fabricação, transporte e construção influenciam no desperdício de grande parte dos materiais de construção e RCC que poderiam ser utilizados, gerando um impacto ainda maior, tendo em vista o aumento da necessidade de extração de recursos naturais.

3.2 Requisitos relativos à gestão de resíduos

Na análise dos resíduos foram trabalhados os requisitos referentes à gestão na etapa de construção e de operação do empreendimento, os quais apresentaram diferenças. Quando analisadas as ações das construtoras durante as obras, verifica-se que grande parte não desenvolve ou não cita a gestão de resíduos da construção civil (Tab. 02). Além disso, ainda que 24 canteiros fossem classificados como sustentáveis pelas construtoras, apenas 12 apresentou gestão de RCC, bem como os demais resíduos gerados no canteiro.

Tabela 02. Gestão de resíduos no canteiro

Ação desenvolvida	Quantidade (Nº)	Quantidade (%)
Canteiro de obras com requisitos de qualidade ambiental	24	13,2
Gestão de resíduos de construção	12	6,6
Armazenamento de materiais de construção conforme norma	11	6,05
Reuso ou reciclagem da madeira	3	1,64
Uso de lava rodas	1	0,55

A maioria dos edifícios que possuía coleta seletiva de resíduos possuía, também, recipientes e locais específicos para coleta de óleo, pilhas e baterias (Tab. 03). Em geral, os postos de coleta destes itens localizavam-se em áreas comuns da edificação, buscando incentivar aos moradores com o conceito sustentável da edificação.

Tabela 03. Gestão de resíduos no empreendimento (etapa operação)

Coleta Seletiva	Quantidade (Nº)	Quantidade (%)
Resíduos domiciliares	38	20,9
Óleo de cozinha	15	8,2
Pilhas e Baterias	15	8,2

Este resultado indica uma baixa preocupação com a reciclagem e reutilização de resíduos sólidos. Para Lazzarini & Penna (2015), se estes materiais fossem separados e destinados corretamente quase 1/3 dos resíduos gerados no Brasil retornariam ao ciclo de fabricação, tendo em vista que, aproximadamente 32% dos resíduos gerados tem potencial de reciclagem. Neste contexto, a adoção de certificações ambientais pode ser uma grande aliada, incentivando a implementação da prática da reciclagem através da coleta seletiva.

3.3 Requisitos relativos a certificações ambientais

Lazzarini & Penna (2015) relatam que a certificação ambiental de empreendimentos já é uma realidade no mercado imobiliário brasileiro, prova disso é que, em 2015, cerca de três empreendimentos por dia pediam o registro para certificação LEED no Brasil. Entretanto, na RMGV esta realidade é diferente. Em relação às construtoras analisadas, apenas 36,4% possui uma área específica para abordagem da sustentabilidade em seus *sites* (Tab. 06), geralmente, na parte institucional. Entretanto, três construtoras de grande porte, com atuação no mercado nacional, possuíam área específica para apresentação de suas políticas de construção sustentável.

Tabela 06. Informações sobre sustentabilidade nos *sites* das construtoras

Informação	Quantidade (Nº)	Quantidade (%)
Nenhuma relacionada ao tema	28	63,6
Prática construtiva sustentável	7	15,9
Construtora com empreendimento certificado	5	11,4
Política de construção sustentável	3	6,8
Selo ambiental próprio	3	6,8

Quanto aos empreendimentos analisados, 10 eram certificados sendo 7 com certificações ambientais próprias das construtoras; 2 com Selo Casa Azul Caixa e 1 com selo LEED NC (nível ouro). Em relação à existência de certificações ambientais próprias em três construtoras, apenas uma relata o processo de acreditação por auditorias externas. As referidas construtoras, também, possuem uma lista de práticas sustentáveis que desenvolvem, porém não especificam se essas ocorrem em todos os empreendimentos, em apenas alguns ou naqueles concluídos após a criação do selo.

O primeiro empreendimento do Estado do Espírito Santo certificado pelo Selo Casa Azul é

uma edificação de uso misto, composto por uma torre com 11 pavimentos, 62 apartamentos, 4 lojas. o edifício atingiu o nível ouro do selo casa azul com 33 pontos, sendo atendidos 18 itens obrigatórios e 15 itens de livre escolha. Outro empreendimento, também certificado pelo selo casa azul (nível ouro), é um edifício residencial multifamiliar que possui 13 pavimentos, com 52 apartamentos, com previsão de entrega em dezembro de 2016. o único empreendimento comercial no estado, certificado LEED NC (nível ouro) em 2013, abriga um edifício comercial com área construída de 5.700m². Todas as edificações certificadas situam-se no município de vitória.

Ainda que não possuíssem certificação de desempenho ambiental dos empreendimentos, mais de 59% das construtoras analisadas tinha outro tipo de certificação, como o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H); o conjunto de normas da *International Organization for Standardization* (ISO 9.001) e a norma da *Occupational Safety and Health Administration* (OHSAS 18.000).

A adoção de certificações de desempenho ambiental nos empreendimentos, bem como outras certificações que visam a qualidade, estimulam o desenvolvimento de tecnologias e a cultura de sustentabilidade, principalmente, na cadeia produtiva das empresas construtoras. Além disso, saciam a busca da sociedade por soluções que visam o desenvolvimento sustentável (Lazzarini & Penna, 2015).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa pesquisa apresenta um diagnóstico do atual momento da ICC em relação às empresas construtoras e seus empreendimentos concluídos desde 2010, em obras e em lançamentos que apresentem requisitos de qualidade ambiental, localizados na RMGV, com foco em materiais de construção, resíduos e certificações ambientais. Tendo como base a lista de empresas associadas ao SINDUSCON-ES, que continha em abril de 2016, 110 empresas associadas, pode-se perceber que apenas 44 dessas empresas são ativas e realizam edificações com esses requisitos.

Foram identificadas 182 edificações que possuem requisitos de qualidade ambiental nas suas configurações, sendo que apenas 1/3 das edificações apresentam pelo menos um requisito, raras são as edificações com algum certificação ambiental e a maioria das construtoras não descreve a gestão de resíduos como uma ação sustentável. Além disso, os *sites* apresentavam informações desatualizadas e/ou inexistentes sobre os requisitos analisados nesse artigo e, por isso, não retratavam as práticas construtivas desenvolvidas pela construtora devido ao diferencial de mercado ou a adesão à construção sustentável.

As práticas, presentes na maioria dos canteiros ditos sustentáveis, relacionam-se a gestão de resíduos, aproveitamento de recursos naturais e otimização do uso de materiais de construção. Em geral indicando que a maioria das construtoras analisadas não realiza o planejamento do canteiro de forma sustentável.

A seleção e uso de materiais de construção sustentáveis é uma etapa importante para o desenvolvimento da construção sustentável, no Brasil e em vários países do mundo. Entretanto, observou-se nessa pesquisa que, a grande maioria dos empreendimentos analisados não possuía nenhuma informação no próprio *site* a respeito do seu uso.

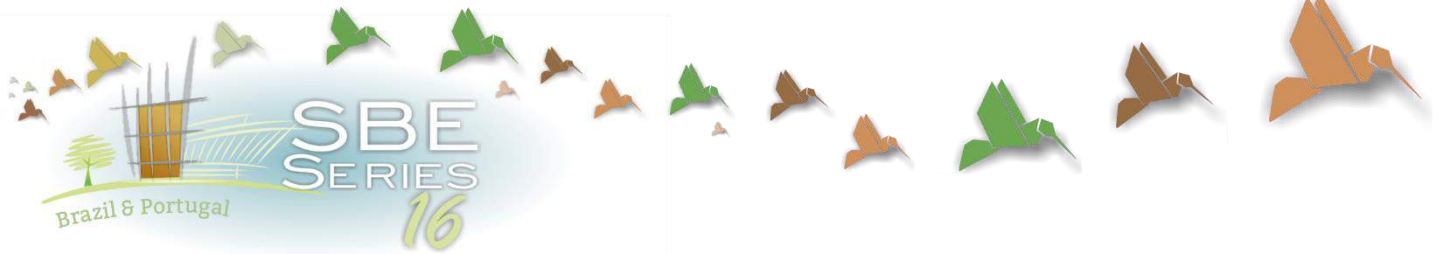
Em relação ao requisito certificação ambiental, constatou-se que das 182 edificações analisadas apenas 3 possuem algum tipo de certificação ambiental, sendo dois empreendimentos com selo Casa Azul da Caixa Econômica Federal (uso misto e uso residencial multifamiliar), e uma edificação comercial com o selo LEED Gold. Além dessas, observou-se a existência de certificações ambientais próprias criadas pelas empresas construtoras, possivelmente como estratégia de *marketing*.

A partir dos resultados, acredita-se que produzir edifícios com menor impacto ambiental, ainda é um grande desafio para a ICC nacional e local, pois, apesar dos edifícios analisados apresentarem alguns requisitos de qualidade ambiental, as tecnologias implantadas ainda são ínfimas se comparadas às existentes no mercado. Assim, a implementação de políticas públicas e incentivos financeiros, pode ser um caminho viável. Além disso, a capacitação de profissionais do setor, a disseminação da informação e investimento em pesquisas pode ser decisivo, influenciando e acelerando as transformações esperadas.

REFERÊNCIAS

- BORTOLINI, G. G. ; BISSOLI-DALVI, M. ; ALVAREZ, C. E. A identidade visual nas ferramentas de avaliação de sustentabilidade: ênfase ao ISMAS. In: *Euro-ELECS 2015 - Latin American and European conference on sustainable buildings and communities, 2015, Guimarães*. Proceedings... Portugal: Multicomp, 2015. v. 1. p. 257-266.
- BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Censo 2010 ES. 2010. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/tabelas_pdf/total_populacao_es_pespир_santo.pdf>. Acesso em 18 maio 2016
- COUTINHO, S. M. *Percepções relativas às práticas em sustentabilidade nos canteiros de obras*. 2013. 209f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2013.
- FRANZONI, E. Materials selection for green buildings: which tools for engineers and architects? *Procedia Engineering*. v. 21, 2011, p. 883 – 890.
- GURGUN, A.P.; KOMURLU, R.; ARDITI, D. Review of the LEED Category in Materials and Resources for Developing Countries. *Procedia Engineering*, v. 118, 2015. p. 1145 – 1152.
- JOHN, V. M.; OLIVEIRA, D. P.; LIMA, J. A. R. de. *Levantamento do estado da arte: Seleção de materiais*. Documento 2.4. Projeto Tecnologias para construção habitacional mais sustentável (Projeto FINEP 2384/04). São Paulo: FINEP, 2007.
- LAURIANO, L.A. *Governos locais para a sustentabilidade: o setor da construção e as Regiões Metropolitanas de Belo Horizonte e São Paulo*. Nova Lima, Minas Gerais: Fundação Dom Cabral, 2012. (Caderno de Ideias, CI1210).
- LAZZARINI, R.; PENNA, C.D. (coord.). *Sustentabilidade – tendências na construção brasileira 2015*. São Paulo: CTE, Criactive, Editora O nome da rosa 2015. 96 p.
- MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Manual de obras públicas sustentáveis. Versão preliminar. Belo horizonte, 2008. Disponível em: <http://www.semاد.mg.gov.br/images/stories/ manuais/manual_obras_sustentaveis.pdf>. Acesso em 11 jan.2016.
- PROSKURYAKOVA, L.; FILIPPOV, S. Energy technology foresight 2030 in Russia: an outlook for safer and more efficient energy future. *Energy Procedia*, v.75, 2015, p.2798-2806.
- REMBISKI, F.D. *Análise multimétodo de percepções de agentes intervenientes na pesquisa e no gerenciamento de agregados reciclados de resíduos da construção civil*. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2011.
- RIBEIRO, M.F.; CASTRO, A.A. Políticas públicas e os novos rumos para as construções verdes. In: *Congresso Nacional do CONPEDI, XI, Anais...* Niterói: FUNJAB, 2012. Disponível em:<<http://www.publicadireito.com.br/artigos/?cod=42cd63cb189c30ed>>. Acesso em 5 fev.2016.
- SILVA, O.J.de C. *Critérios para Seleção de Ecoprodutos: uma visão crítica acerca do emprego de matérias de construção sustentáveis no Brasil – o caso da madeira plástica*. Dissertação (Mestrado)

– Programa de Engenharia Urbana, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.
TAM; V.W.Y.; TAM, C.M. A review on the viable technology for construction waste recycling. *Resources, Conservation and Recycling*, 47, n.3, p.209–221, jun. 2006.



Uma proposta de diretiva ROHS Brasil: Exigências e desafios

Claudia Corrêa Torquato de Souza

Mestrado Profissional em Engenharia Urbana e Ambiental, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro (RJ), Brasil
etmtorquato@yahoo.com.br

Celso Romanel

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Civil, Rio de Janeiro (RJ), Brasil
romanel@puc-rio.br

RESUMO: A Comunidade Europeia em 2002 elaborou a Diretiva *Restriction of The Use of Certain Hazardous Substances in Electric Electronic Equipments (RoHS)* que restringiu determinadas substâncias nocivas em equipamentos eletroeletrônicos (EEE). Vários países como a China, o Japão e a Coréia se alinharam, com características próprias, à Diretiva *RoHS* visando, principalmente, a exportação ao mercado consumidor europeu. No Brasil, embora haja legislações e normas técnicas que normatizam parâmetros de sustentabilidade, não existe regulamentação específica que proíba a o uso de substâncias nocivas na manufatura de eletroeletrônicos. A elaboração de norma brasileira que estabeleça parâmetros de sustentabilidade para o setor eletroeletrônico vai de encontro às exigências nacionais e internacionais de um mundo ambientalmente equilibrado, propiciando a redução do potencial de intoxicação humana devido ao manuseio de EEE e à redução de substâncias tóxicas lançadas no meio ambiente em uma disposição final indevida de resíduos eletrônicos. Uma Diretiva *RoHS* Brasil traz desafios como a adequação do parque industrial brasileiro às exigências técnicas mais restritas, aumento do custo final dos equipamentos, gastos extras com treinamento de pessoal e certificação dos produtos. Sugere-se a adoção da Diretiva *RoHS* Brasil agregando os principais benefícios verificados na *RoHS* Europeia com outras vantagens identificadas nas *RoHS* Coréia, China e Japão. Este trabalho pôde concluir que alinhar-se à Diretiva ROHS significa investir na salvaguarda da saúde humana e ambiental, permitindo que as indústrias brasileiras se mantenham competitivas tanto para o mercado nacional, quanto para o mercado internacional na exportação de produtos eletroeletrônicos.

Palavras-chave *RoHS, eletroeletrônico, sustentabilidade, Brasil.*

1. INTRODUÇÃO

O crescente aumento de equipamentos eletroeletrônicos (EEE) no mundo fez crescer a preocupação com o grau de contaminação humana e ambiental decorrente da produção, do manuseio de EEE e do descarte dos resíduos eletroeletrônicos (REEE), visto que tais equipamentos e resíduos são formados por substâncias químicas, várias destas sabidamente nocivas ao ser humano e ao meio ambiente. Nesse sentido, a Comunidade Europeia (CE) elaborou a Diretiva 2002/96/EC, *Waste Electrical and Electronic Equipment* (WEEE) que orienta quanto ao tratamento e a reciclagem de REEE. Este contexto foi determinante para que, complementando a WEEE, a CE elaborasse a Diretiva *Restriction of Certain Hazardous Substances (RoHS)* que restringe em EEE as substâncias cádmio, mercúrio, cromo hexavalente, chumbo, éteres difenil-polibromados e bifenilos polibromados nos valores máximos de 1000 ppm para todas as substâncias da Diretiva, exceto o cádmio cujo limite é de 100 ppm. As duas Diretivas juntas abrangem a hierarquia do resíduo eletrônico: prevenção na fabricação (RoHS), redução, reuso, reciclagem e disposição final (WEEE) (Souza, 2015).

Vários países como a China, Japão, Coréia e o Estado da Califórnia (EUA) alinharam-se, com características próprias, à Diretiva RoHS visando, principalmente, o mercado europeu. O Brasil tem se empenhado em legislar em busca de soluções sustentáveis que permitam o progresso do país assegurando, ao mesmo tempo, a redução de impactos ambientais nocivos. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), embora seja um avanço na legislação ambiental e em seu artigo 7º incisos III, IV e V determine a adoção de medidas para emprego de tecnologias limpas, redução de volume e periculosidade dos resíduos sólidos (Brasil, 2010) não detalha quais as substâncias nocivas à saúde humana e ao meio ambiente que devem ser evitadas, volume a ser reduzido ou escopo permitido. Não especifica restrições específicas para EEE.

Assim, o Brasil ainda não possui regulamentação específica para o setor eletroeletrônico quanto ao uso e limitações de substâncias químicas nocivas na fabricação de EEE. Neste sentido, visando complementar a PNRS, é verificada a urgência na realização de acordo setorial para equipamentos eletroeletrônicos.

A Diretiva ROHS foi atualizada em 2011 pela Diretiva 2011/65/EC, mantendo o mesmo escopo da Diretiva 2002/95/EC e limitando as mesmas substâncias. Em 2015, a Diretiva de 2011 foi novamente revista sendo verificada a necessidade de inclusão das substâncias Bis (2-ethylhexyl) phthalat (DEPHP), Butyl benzyl phthalate (BBP), Dibutyl phthalat (DBP) e Diisobutyl phthalate (DIBP).

2. MOTIVAÇÃO PARA ELABORAÇÃO DA ROHS BRASIL

O aumento de resíduos eletroeletrônicos e consequentes danos ambientais e à saúde humana decorrente de seu manuseio e descarte indevidos são as principais motivações para regulamentar as substâncias nocivas presentes em EEE.

Atualmente o Brasil enfrenta grave crise política e econômica com retração, em 2015, de 16% de investimentos no setor eletroeletrônico e variação negativa de 2014/2015 para o mercado de microcomputadores e *tablets* (Abinee, 2016). Entretanto, até 2014 houve

aumento crescente de unidades de *desktops*, *notebooks*, *tablets*, e principalmente, *smartphones* e celulares (Abinee, 2015), estando o aumento do consumo de bens e serviço no Brasil atrelado ao aumento do índice de rendimento mensal apresentado pelo país nos últimos anos. Pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2014) em 2013 97,2% e 49,5% das residências no Brasil possuíam televisão e computador pessoal, respectivamente. O crescente aumento do consumo de EEE, associado a baixos índices de reciclagem e reuso, resulta em aumento significativo de REEE. Entretanto, existem poucas estatísticas oficiais brasileiras que identifiquem a geração de resíduo eletroeletrônico no país. No Rio de Janeiro apenas a partir de 2008 a Companhia Municipal de Limpeza Urbana (Comlurb) contabilizou a porcentagem de resíduo eletrônico no lixo domiciliar do Município do Rio de Janeiro, aproximadamente 0,13% do total (Comlurb, 2014). Conforme estudo da Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais (2009) o acúmulo de REEE de 2001 a 2030 no Brasil chegará a 22 milhões de toneladas, sendo a média, para o mesmo período de 3,4 kg/hab. Verificando ainda a geração de REEE, segundo a *Universaty Nations University* (UNU, 2014) em 2014, no mundo, foi gerado 41,8 milhões de toneladas, sendo 5,9 kg/hab. Nas Américas, o Brasil foi o 2º país na geração de resíduos eletrônicos com 1,4 milhões de toneladas, estando os EUA em primeiro lugar com 7 milhões de toneladas de REEE. Esta mesma instituição estima forte acréscimo mundial na geração de resíduos, podendo chegar a 50 milhões de toneladas em 2018. Além disso, estima que o resíduo eletrônico gerado em 2014 contenha 16.500k toneladas de ferro, 1.900k toneladas de cobre, 300 toneladas de ouro (11% da produção total de ouro em 2013), bem como prata, alumínio e paládio. Um dos fatores primordiais do aumento de resíduos eletroeletrônicos é a redução da vida útil dos EEE proveniente da adoção da obsolescência programada por parte do setor eletroeletrônico. A implementação da obsolescência programada, que tem por objetivo o aumento da produção e do lucro, só foi possível graças ao emprego de componentes *Commercial off-the-shelf* (Cots) no desenvolvimento de EEE que possibilitaram a redução do tempo de desenvolvimento de equipamentos eletroeletrônicos.

Entretanto, nem só de metais nobres são compostos os REEE. As substâncias tóxicas neles existentes, inclusive as incluídas na Diretiva *RoHS* podem ocasionar vários danos à saúde e ao meio ambiente. O chumbo ingerido ou inalado, mesmo em pequenas quantidades, acumula-se no organismo ocasionando uma grande variedade de efeitos nocivos no corpo humano. Em crianças pode afetar a capacidade intelectual causando redução de QI. O nível de chumbo no sangue tem aumentado, principalmente em crianças, em áreas onde há reciclagem e disposição final de REEE não supervisionado, como na Índia, China e países na África e Ásia. Foram verificados níveis de 35µg/dl de chumbo, quando 10µg/dl é suficiente para ocasionar problemas de aprendizado. Outra substância, o cádmio, ocasiona como dano principal a insuficiência renal. Em altas doses pode ocasionar danos ao sistema respiratório, sendo também cancerígeno. Já trabalhadores expostos ao cromato via consumo de água contaminada, mesmo em pequenas concentrações, podem adoecer seriamente (Premier Farnell, 2011).

3. REFERÊNCIAS PARA A ROHS BRASIL: DIRETIVAS FORA DA COMUNIDADE EUROPEIA

O alinhamento à Diretiva *RoHS*, além de remediar impactos ambientais negativos e danos à saúde humana, facilita o comércio de produtos eletrônicos entre os países, já que a Diretiva *RoHS* é considerada barreira alfandegária por alguns destes.

Vários países, como a Coreia, China e Japão, bem como o Estado da Califórnia (EUA), adaptaram os conceitos da Diretiva *RoHS* em normas técnicas que, basicamente, restringem as mesmas substâncias, nas mesmas concentrações, das determinações da *RoHS* europeia.

3.1 ROHS China

A *RoHS* China restringe seu escopo aos EEE à venda na China, não sendo aplicável a componentes importados para montagem e exportação de eletroeletrônicos. A *RoHS* China é regulamentada por várias normas nacionais, como as que estabelecem os valores máximos das substâncias nocivas em EEE e por outras que focam na identificação de produtos submetidos à *RoHS* China.

Como fator diferencial, a *RoHS* China exige que todos os produtos que possuem valores das substâncias da *RoHS* China acima além do permitido indiquem o tempo que esta substância se manterá inócua (*Texas Instruments*, 2015). Este período é definido pela função *Environmentally Friendly Use Period* (EFUP).

3.2 ROHS Coreia

Alinhando-se à política ambiental europeia, a Coreia do Sul elaborou a norma *The act of resource of electrical and electronic equipment and vehicles* que limita o uso, bem como as mesmas quantidades, das substâncias regulamentadas pela *RoHS* europeia. O diferencial da *RoHS* Coreia é sua preocupação com o *design* dos equipamentos, que deve facilitar a separação das partes e subpartes dos EEE, favorecendo a reciclagem e o descarte dos REEE, permitindo a segregação de unidades que contenham substâncias tóxicas. Sabiamente, a Coreia investe no *eco-design*.

3.3 ROHS Califórnia (EUA)

Os EUA não aderiram, até esta data, à Diretiva *RoHS*. Desde 2009, tramita na Câmara dos Deputados dos EUA o Projeto de Lei H.R. 2420 (EUA, 2009) que visa restringir substâncias nocivas, com os mesmos critérios da *RoHS* europeia em EEE. Sem uma Lei Federal, o Estado da Califórnia legislou pioneiramente em 2002, aprovando a lei considerada a *RoHS* Califórnia - *The Electronic Waste Recycling Act* (Califórnia, 2002). A *RoHS* Califórnia cobre as mesmas substâncias da *RoHS* europeia, com escopo menor de EEE, limitando-se a apenas dispositivos eletrônicos.

3.4 ROHS Japão

O Japão, em 1991, promulgou o documento "*The law for promotion of effective utilization of resources*", com última revisão em 2000 (Japão, 2000), que trata sobre o desenvolvimento saudável da economia do país, promovendo a redução de bens usados (resíduos) e a utilização de materiais recicláveis e reutilizáveis para a indústria de construção civil e

elétrica. As substâncias tóxicas contidas em partes e materiais a serem controladas de EEE foram concentradas no documento *Material Composition Survey and Response Manual (JGPSSI, 2012)*. Dentre as substâncias nocivas normatizadas pela *RoHS* Japão estão as substâncias do escopo da *RoHS* europeia, nas mesmas concentrações, assim como o níquel e o berílio, além de substâncias radioativas.

A Tabela 1 apresenta as principais características das Diretivas ROHS internacionais mencionadas anteriormente.

Tabela 1: Resumo comparativo das Diretivas Rohs internacionais (fonte: autores)

Critério	Europeia UE	China	Coreia	Califórnia	Japão
Substâncias restritas	0,01% em peso de cádmio e 0,1% em peso de chumbo; mercúrio; cromo hexavalente, polibromato bifenil (PBB) e éter difenil polibromato (PBDE)	ROHS UE	ROHS UE	ROHS UE exceto polibromato bifenil (PBB) e éter difenil polibromato proibidas por lei estadual desde 2006	ROHS UE e outras substâncias
Foco da diretiva	Produto final, colocado no mercado após a Diretiva ter entrado em vigor	Produtos e acessórios à venda na China	Desenvolvimento de EEE com foco no <i>design</i> , favorecendo a coleta seletiva e a quantidade de EEE a ser reciclada	Produto final, fabricado após a diretiva entrar em vigor	Redução, reuso e reciclagem de EEE e produtos da construção civil
Categorias atendidas	EEE	Discrimadas em <i>Electronic Information Products Classification</i>	EEE e veículos	Dispositivos eletrônicos	EEE e construção civil
Declaração de conformidade	IEC 62474	Sim	Sim para substâncias tóxicas e para requisitos de reciclagem	Não informado	IEC 62474
Metodologia para teste	IEC 62321	SJ/T-11365/2006	Não informado	Não informado	Sim
Controle do período de toxicidade das substâncias químicas existentes em EEE	Não	Sim, para EEE com níveis de substâncias ROHS acima dos recomendados	Não	Não	Não

4. ROHS BRASIL: EXIGÊNCIAS E DESAFIOS

4.1 EXIGÊNCIAS

O Brasil ao se alinhar à Diretiva *RoHS* vai de encontro aos anseios nacionais e internacionais de proteção ambiental em relação à redução do potencial de intoxicação humana e ambiental. O relatório da Arcadis & RPA n° 30-CE-0095296/00-09 (Bogaert et al., 2008) comprova a redução da quantidade de substâncias tóxicas descartadas no meio ambiente em decorrência da adoção da Diretiva *RoHS*. O mesmo documento informa que a redução anual de chumbo, Octa-BDE, cádmio e mercúrio dispostas no meio ambiente, creditada à Diretiva *RoHS*, tendo como referência a quantidade de substâncias *RoHS* evitada na comunidade europeia em categoria específica de produtos (refrigeradores, lâmpadas fluorescentes, celulares, computadores pessoais etc.) é estimada respectivamente em: 89.800, 12.600, 4.300 e 22 toneladas. Ou seja, redução de 20% de mercúrio, 56% de cádmio, 59% de chumbo, 68% de Octa-BDE e 71% de cromo VI. Desta maneira, vale salientar que, segundo a *Agency for Toxic Substances and Disease Registry* (ATSDR, 2015) no escopo das Diretiva *RoHS* estão 4 das 20 substâncias consideradas com maior potencial de toxicidade: chumbo em 2°, mercúrio em 3°, cádmio em 7° e o cromo hexavalente em 17°, substâncias extremamente danosas à saúde humana.

A restrição às substâncias tóxicas em EEE reduzirá não somente a contaminação ambiental, mas também, o grau de contaminação humana, principalmente em relação ao chumbo. De acordo com a Organização Mundial de Saúde (2004), nas Américas 44,7% das crianças e 48% dos adultos apresentam elevados níveis de chumbo no sangue, entre 5 e 10 µg/dl, níveis que podem ocasionar danos neurais, danos ao sistema reprodutivo, problemas cardiovascular e imunológico. Na Europa a porcentagem é de 18,6% e de 22,5% para crianças e adultos, respectivamente. Pode-se creditar estes níveis mais baixos de contaminação a uma legislação e educação ambiental melhor estruturados.

O Ministério da Saúde do Brasil (2006) alerta no documento “Atenção à saúde dos trabalhadores expostos ao chumbo metálico” que níveis de chumbo no sangue de 10,4µg/dl causa alterações na creatinina, enquanto que em torno de 14µg/dl já provoca variações de pressão arterial. Com 20µg/dl as mulheres são desaconselhadas de engravidar.

4.2 DESAFIOS

A adequação à Diretiva *RoHS*, nos países que a adotaram, impulsionou as empresas do setor eletroeletrônicos a investirem em pesquisa e em novos métodos de produção. Ansanelli (2008) atesta que inovação ambiental, resultante da pressão ambiental, pode gerar vantagens competitivas para as corporações.

Embora seja incentivador, a adequação da indústria à *RoHS* apresenta desafios como gastos extras em decorrência desta transição. “A adequação à Diretiva *RoHS* requer investimentos em toda a cadeia produtiva do equipamento, desde a fase de pesquisa e desenvolvimento do produto, passando por investimentos em capacitação de pessoal e certificação do produto, até chegar à fase de divulgação do EEE.” (Souza, 2015).

Segundo Gordon (2008), foram gastos US\$ 32 bilhões para adequação mundial à Diretiva, sendo estimados US\$ 3,7 bilhões, anuais, para atualização da mesma. O Instituto de Pesquisas Tecnológica de São Paulo (IPT-SP, 2011) estima em torno de 30% o acréscimo nos custos de EEE decorrentes de adaptações à Diretiva *RoHS*. Muitos fabricantes repassam este aumento ao valor de venda do produto; outros recorrem a demissões de pessoal visando recuperar o investimento realizado. Alguns poucos preferem agregar valor à própria marca arcando com os custos de adaptação.

Outro desafio a ser superado é quanto ao entendimento da Diretiva que originalmente era de difícil compreensão devido às suas várias exceções. Bogaert et al. (2008) informa que grande parte dos custos (67%) inerentes à adoção da Diretiva recai sobre coleta de dados, análise de exceções, treinamento de pessoal e certificação dos produtos. Apenas 33% é gasto com adequação técnica à *RoHS*.

Outro fator desafiador a ser suplantado diz respeito à confiabilidade técnica a ser obtida. Os EEE *RoHS* devem atender completamente às características técnicas, funcionais e operativas de EEE não *RoHS*. Vários estudos neste sentido estão sendo realizados, principalmente quanto à restrição ao uso de chumbo nas ligas de solda para aplicação em eletrônica.

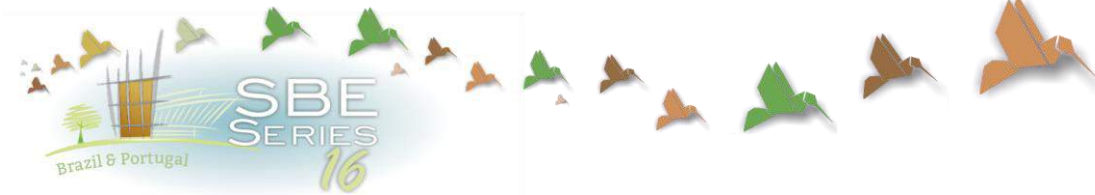
5. CONCLUSÃO

As exigências e os desafios a serem enfrentados pelas empresas passam pelas normas e leis ambientais nacionais que visam mitigar e prevenir danos ambientais e à saúde humana, gerados por substâncias nocivas, especialmente o chumbo. Neste sentido, o alinhamento à Diretiva *RoHS* permitirá que as empresas brasileiras do setor eletroeletrônico se mantenham competitivas, tanto no mercado nacional, quanto no mercado internacional. Motivará, ainda, as empresas a investirem em novas tecnologias, em pesquisa e em desenvolvimento de adaptações de processos e produtos, principalmente em tecnologias limpas e no *ecodesign*, assegurando condições adequadas para manuseio e descarte de REEE.

REFERÊNCIAS

- ABINEE. 2015. Desempenho setorial abril 2015. Disponível em: <http://www.abinee.org.br/abinee/decon/decon15.htm>. Acesso em: jun. 2015.
- ABINEE. 2016. Desempenho setorial – Dados atualizados em março de 2016. Disponível em: <http://www.abinee.org.br/abinee/decon/decon15.htm>. Acesso em: mai. 2016.
- ANSANELLI, S. L. M. 2008. Os Impactos internacionais das exigências ambientais da União Europeia para o Setor de Equipamentos Eletro-Eletrônicos sobre o Brasil. Campinas, SP. 227p. Tese de Doutorado em Economia Aplicada. Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Economia.
- ATSDR. 2015. The ATSDR 2013 substance priority list. Disponível em: <<http://www.atsdr.cdc.gov/spl/index.html>> Acesso em: nov. 2015.
- BOGAERT, S., et al. 2008. Study on RoHS and WEEE Directives N° 30-CE-0095596/00-09 – Final Report. 369p. <ec.europa.eu/environment/waste/weee/pdf/rpa_study.pdf> Acesso em: out. 2015.
- BRASIL. 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos: Lei nº 12.305/10, altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm> Acesso em: set. 2015.

- CALIFORNIA (USA). 2002. Senate Bill N°20. <www.leginfo.ca.gov/pub/03-04/bill/sen/sb_0001-0050/sb_20_bill_20021202_introduced.pdf> Acesso em: out. 2015.
- COMLURB. 2015. Principais características do lixo domiciliar do município do Rio de Janeiro de 1995 – 2013. Disponível em: <armazem.de.dados.rio.rj.gov.br> Acesso em: 2 jun. 2015.
- EUA. 2009. H.R.2420 - Environmental Design of Electrical Equipment Act (EDEE) Act. Disponível em: <<https://www.congress.gov/bill/111th-congress/house-bill/2420>> Acesso em: ago. 2015.
- FEAM. 2009. Diagnóstico da Geração de Resíduos Eletrônicos no Estado de Minas Gerais. 85p. http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/4E1B1104/DiagGer_REE_MG_FEAM_EMPA.pdf. Acesso em: ago. 2015.
- GORDON, P. et al. 2008. Economic Impact of the European Union RoHS Directive on the Electronics Industry. Consumer Electronics Association - /Technology Forecasters Inc. CEA/TFI, <<http://www.smfederation.org.sg/Portals/0/Events/Ppt%20Slides/Report%20FINAL%20TFI-CES%202008-01-23%20JS.pdf>> Acesso em: 17 jan. 2015.
- IBGE. 2014. Pesquisa nacional por amostra de domicílios. Síntese de indicadores 2013. 88p.
- IPT. 2011. Diretiva RoHS (Restriction of Certain Hazardous Substances). Testes de Certificação. <http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/6e5e478047458d9b9713d73fbc4c6735/Semin%C3%A1rio+2+-+1%C2%AA+Apresenta%C3%A7%C3%A3o+-+Cl%C3%A1udia+de+Souza+-+IPT.pdf?MOD=AJPERES>
- JAPÃO. 2000. Law for Promotion of Effective Utilization of Resources. Disponível em: <www.meti.go.jp/english/information/data/creeffectle.pdf> Acesso em: 28 fev. 2015.
- JGPSSI. 2012. Material composition survey and response manual. 57p. Disponível em: <www.shimadzu.co.jp/.../120601_v4.2-sr_manual> Acesso em: fev. 2015.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. 2006. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Ações Programáticas Estratégicas. Atenção à saúde dos trabalhadores expostos ao chumbo metálico. Brasília: Editora do Ministério da Saúde. 44 p. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/protocolo_atencao_saude_trab_exp_chumbo_> Acesso em: jul. 2015
- OMS. 2004. Global Burden Disease 2004 Report. Disponível em: <www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/2004_report_update/en/index.html>. Acesso em: Jan 2015.
- Premier Farnell. 2011. ROHS substances: effects on humans and the environment. Disponível em: www.element14.com/legislation Acesso em: mai 2015.
- RSJ TECHNICAL CONSULTING. 2015. Sumary of Korea RoHS. Disponível em <www.rsjtechnical.com/whatisKoreaRoHS.htm> Acesso em 13 fev 2015;
- Souza, C. C. T. 2015. Viabilidade técnica e econômica da adoção da Diretiva ROHS por Organização Militar da Marinha do Brasil. Rio de Janeiro, RJ, 145p. Dissertação de Mestrado Profissional em Engenharia Urbana e Ambiental. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Civil.
- TEXAS INSTRUMENTS. 2015. Eco-Info & Lead-free (Pb-free): China RoHS and Chasing Arrow Information. Disponível em: <www.ti.com/corp/docs/legal/privacy.shtml>. Acesso em: 21 fev. 2015
- UNU. 2014. The Global E-Waste Monitor, Quantities, Flows and Resources. 41p. Disponível em: <http://i.unu.edu/media/unu.edu/news/52624/UNU-1stGlobal-E-Waste-Monitor-2014-small.pdf>. Acesso em: ago. 2015



Estudo do comportamento mecânico de tijolos de solo-cimento cp-ii e solo-cimento cp-iii com fibra de sisal

Carolina Aquino Amador

Centro Universitário de Brasília - UniCEUB, Curso de Arquitetura e Urbanismo – FATECS, Brasília (DF), Brasil

carolina.aa93@hotmail.com

Marina Monteiro Abreu Flecha Ferreira

Centro Universitário de Brasília - UniCEUB, Curso de Arquitetura e Urbanismo – FATECS, Brasília (DF), Brasil

marinamafferreira@gmail.com

Maruska Tatiana N. da Silva Bueno

Centro Universitário de Brasília - UniCEUB, Departamento de Engenharia Civil - FATECS, Brasília (DF), Brasil

maruska.silva@uniceub.br

RESUMO: O estudo tem como objetivo avaliar o comportamento mecânico de tijolos de solo com cimento convencional e os de terra crua estabilizados com cimento “verde” e fibra de sisal. Deu-se início aos ensaios: caracterização do solo (granulometria, limite de liquidez e plasticidade), confecção dos tijolos solo-cimento convencionais, solo-cimento verde e solo-cimento verde com adição de fibra de sisal. Todos os tijolos foram confeccionados nos traços 1:8 e 1:6 e submetidos a análise de resistência média à compressão a cada 21 e 28 dias de cura respectivamente. O tijolo solo-cimento convencional apresentou resistência média nos traços 1:8 foi de 67,26 kN e 69,46 kN; 1:6 de 92,72 kN e 96,78 kN. Para a confecção do tijolo solo-cimento verde sua média no traço 1:8 foi de 80,59 kN e 64,01 kN; no traço 1:6 foi de 66,97 kN e 66,43 kN. Nos tijolos solo-cimento verde e fibra de sisal foram utilizados três diferentes comprimentos de fibra: 5mm, 10mm e 20mm. No traço 1:8 (5mm) a média foi de 67,12 kN e 63,8 kN; no traço 1:8 (10mm) foi de 46,69 kN e 52,89; no traço 1:8 (20mm) foi de 58,82 kN e 58,06 kN. No traço 1:6 (5mm) foi de 75,08 kN e 56,59 kN; no traço 1:6 (10mm) foi de 45,40 kN e 39,16 no traço 1:6 (20mm) foi de 42,99 kN e 40,74 kN. Os resultados confirmam aumento da resistência dos tijolos com uso do cimento CP-III. Por outro lado a adição da fibra de sisal aumentou apenas o volume da mistura, em comparação ao tijolo convencional.

Palavras-chave Solo-cimento; tijolo; fibra de sisal; cimento “verde”; sustentabilidade

1. INTRODUÇÃO

Historicamente, os primeiros materiais de construção utilizados foram aqueles ofertados pela natureza, como pedra, palha, galhos e troncos de árvores e, em dúvida, a terra. Com esses materiais o Homem foi capaz de produzir belíssimas obras de engenharia, como são testemunhos as magníficas pirâmides e tantos outros monumentos egípcios, gregos e persas. A criação do cimento romano, misturando cal e cinzas vulcânicas, resistente à ação da água propiciou e auxiliou a construção de obras que desafiavam não somente às décadas e aos séculos, mas aos milênios (Barbosa & Mattone, 2002).

Como o surgimento da industrialização, as tecnologias dos primórdios dos tempos se perderam, principalmente pela mídia atual, quando a indústria deseja vender um material, técnica ou tecnologia. Por outro lado, as novas tecnologias não atendem, aos critérios propostos por Codetec (1979) e Vargas et. al. (1994): baixo custo e recurso financeiro na sua implementação; capacitação acessível, sem necessita de mão de obra específica e especializada; menor geração de impacto ambiental e favorecer a integração com o ecossistema; autonomia local, autonomia das localidades na sua implementação, pois utiliza matérias primas e energias locais; absorvedora de mão-de-obra, neste caso a tecnologia deve se utilizar dos recursos mais abundantes na localidade da implantação; menos burocracia, de domínio público não havendo preocupações com pagamento de patentes ou royalties; adaptabilidade e simplicidade, de fácil entendimento e absorção, e sendo assimilada culturalmente com rapidez.

Sabe-se que a utilização de tijolos de solo-cimento atende aos diversos critérios sustentáveis e isso deve estimular principalmente se estiverem aliados aos materiais não convencionais ecologicamente corretos, com os utilizados neste trabalho: o cimento “verde” e a fibra de sisal. Existem diversos tipos de tijolos confeccionados com argila, argila xistosa e silicato de calico ou cimento, específicos para cada ocasião. Conhecê-los é essencial para a obtenção de melhores resultados nas obras. Atualmente, existem tijolos feitos de cinzas volantes, que são resíduos de fumaça, sendo uma alternativa ecológica aos materiais tradicionais, e com o aumento do incentivo às práticas de responsabilidade ambiental, os tijolos tradicionais começaram a ser substituídos por blocos adobe e de terra comprimida, conhecidos também por tijolos ecológicos. Não apenas o material que é feito, mas também seu formato, espessura e tamanho influenciam sua configuração e uso do tijolo. Entre os mais conhecidos são: tijolo maciço; tijolo de cerâmica; tijolo laminado; bloco de concreto; tijolo refratário; bloco de terra comprimida e tijolo de vidro.

Na construção civil o uso de fibras tem sua importância no aumento da resistência de materiais, como o solo, argamassas e concretos. Hoje as fibras naturais estão sendo as mais estudadas para o uso nas construções, pelo fato de serem materiais renováveis, biodegradáveis, terem alta disponibilidade, baixo custo, e por não possuírem o petróleo como matéria prima. Algumas fibras já estão sendo muito utilizadas pelo seu alto desempenho nas misturas, como as fibras de sisal e as de coco. A fibra de sisal vem da planta *Agave sisinala*, família *Agavaceae* originária do México. O sisal é uma planta utilizada para fins comerciais e utilizada na confecção de cordas, tapetes, sacos, vassouras, artesanato, acessórios e também como componente automobilístico. Segundo Batista (2009), uma fibra

sintética demora até 150 anos para se decompor no solo, enquanto a fibra de sisal, em meses, torna-se um fertilizante natural. principais características das fibras de sisal: alta tenacidade se compara com outras fibras naturais; excelente resistência à abrasão e ao calor; textura excepcional, que permite grande aderência de contato; excelentes propriedades térmicas, acústicas e mecânicas; rusticidade e beleza natural; excelente biodegradabilidade em qualquer ambiente (Cotesi do Brasil, 2014). A fibra de sisal é classificada quanto a sua classe em: longa (comprimento acima de 0,90m), média (comprimento entra 0,70m e 0,90m) e curta (comprimento entre 0,60 e 0,70m) (Batista, 2009).

Segundo Abiko (1980), cimento é um material pulverulento, calcário, que misturado com água forma uma pasta plástica que dá pega e endurece podendo aglomerar uma boa proporção de materiais inertes, com propriedades hidráulicas e pozolânicas, como areia, solo, cascalho e pedregulho. Os tipos de cimento fabricados diferem entre si em função da adição de matérias-primas. O cimento verde é uma opção que pode aumentar o potencial sustentável do tijolo. É uma técnica proposta por pesquisadores da Universidade de São Paulo (USP) que permite dobrar a produção de cimento sem aumentar a emissão de CO₂. Para isso ocorreram mudanças na base de preparo do cimento, e a ideia foi aumentar o uso de materiais não reativos, no caso o calcário moído e a argila, que permitem a redução das emissões do Dióxido de Carbono, mantendo a mesma resistência do produto convencional, e podendo ser usado em todos os usos do cimento convencional, exceto aqueles que necessitam de concreto especial USP (2013). Portanto, o uso do cimento verde no tijolo solo-cimento é aceitável e admissível.

2. OBJETIVOS DA INVESTIGAÇÃO

A inclusão de critérios da sustentabilidade, como, economicamente viável, socialmente justo, e ecologicamente correto, é altamente recomendável. Baseado em todo o pressuposto, esta pesquisa busca compreender o comportamento de tijolos de solo misturado aos cimentos CP II-32, CP-III e variadas proporções de fibra de sisal, tendo em vista avaliar parâmetros de resistências destes materiais. Assim, o presente estudo tem como objetivo geral comparar a eficiência mecânica dos tijolos de terra crua estabilizados com cimento convencional e tijolos de terra crua estabilizados com cimento do tipo CP-III, dito cimento “verde” e terra crua, cimento verde e fibra de sisal em variadas porcentagens. Como objetivos específicos o estudo propõe-se a: obter o traço ideal para a confecção dos tijolos de terra crua e cimento convencional e dos tijolos de terra crua e cimento do tipo CP-III; analisar a resistência à compressão dos tijolos confeccionados com a mistura citada anteriormente e com os tijolos confeccionados com terra crua e cimento do tipo CP-III, confeccionados com variadas porcentagens de fibra de sisal; comparar a resistência à compressão dos tijolos de terra crua e cimento convencional com tijolos provenientes da mistura da terra crua e dos materiais não convencionais (Cimento do tipo CP-III e as fibras de sisal); obter um traço ideal para as resistências à compressão dos tijolos confeccionados com base nos valores observados na bibliografia para tijolos de solo e cimento convencional e os confeccionados com materiais não convencionais.

3. METODOLOGIA

Primeiramente, escolheu-se o solo da região Asa Norte, mais precisamente SQN 508, Brasília – DF para a realização dos experimentos, caracterizou-se o material de acordo com as normas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), através de ensaios de granulometria, limites de liquidez e plasticidade. Após caracterização, o solo foi secado e peneirado em peneira de 4,8mm e usado para a confecção dos tijolos solo-cimento convencional, tijolos solo-cimento “verde” e tijolos solo-cimento “verde” com adição de fibra de sisal, feitos com a ajuda de uma prensa manual para tijolos ecológicos, nos traços 1:10, 1:8 e 1:6 (cimento:solo).

A confecção dos tijolos solo-cimento convencional e solo-cimento “verde” seguiu as etapas: o cimento é adicionado ao solo peneirado na quantidade de acordo com o traço desejado, misturado a seco, com a ajuda de uma betoneira, até adquirir uma coloração uniforme e adicionou-se água aos poucos até se atingir a umidade ideal. Para verificar se a mistura está com uma boa quantidade de água é realizado um procedimento em que toma-se uma porção da mistura e aperta-se várias vezes entre os dedos e a palma da mão, até formar um bolo firme. Deixa-se cair o bloco numa superfície dura de uma altura razoável (Fig. 1), isso é feito para ver se o bloco se parte em pequenos pedaços, porém, se o bloco se partir em partes maiores, este continua seco e precisa-se adicionar mais água.

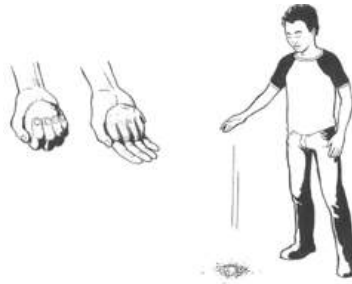


Figura 1. Procedimento para determinação de umidade
Fonte: Téchne, 2004

Para os tijolos solo-cimento “verde” e fibra de sisal, após a mistura feita foi adicionada a fibra já cortada no tamanho escolhido, 5mm, 10mm e 20mm (Fig. 2), aos poucos na betoneira. O tamanho da fibra foi escolhido de acordo com análise do trabalho Izquierdo (2011), que propõe um tamanho médio de 12cm para uma melhor resistência no caso de utilização do CP II-32. A porcentagem de fibra escolhida foi de 0,5%, segundo também análise do trabalho de Arruda Filho et al (2011). Os tijolos foram modelados em prensa manual e em tempo de cura de 7 dias em estufa. Foram moldados 3 tijolos para cada mistura proposta.



Figura 2. Tijolo em prensa manual

4. RESULTADOS

4.1 Caracterização do solo escolhido

Os resultados do ensaio de granulometria do solo, apresentados na Tabela 2, permitem concluir que o solo apresenta maiores proporções de material arenoso na mistura. A utilização do defloculante proporciona a separação dos materiais mais finos, os siltes das argilas. As curvas dos solo com e sem defloculante (Tabela 1 e Figura 3) mostram de uma maneira mais clara qual é a maior proporção de partículas dos solos, se mais fino ou grosso, com este resultado pode-se perceber que se o solo se apresentar mais fino, ele tem mais argila e silte na mistura e se não mais material arenoso. Observa-se que com o defloculante há maior proporção de material fino (menores diâmetros).

Tabela 1. Porcentagem granulométrica

Tipo de Solo	% constituinte
Pedregulho Grosso (20mm < d < 60)	0,0
Pedregulho Médio (6mm < d < 20mm)	7,9
Pedregulho Fino (2mm < d < 6mm)	10,9
Areia Grossa (0,6mm < d < 2mm)	13,4
Areia Média (0,2mm < d < 0,6mm)	30,5
Areia Fina (0,06mm < d < 0,2mm)	26,3
Silte (0,02mm < d < 0,06mm)	10,5
Argila (d < 0,002mm)	0,4

Tabela 2. Porcentagem com e sem defloculante

Com Defloculante		Sem Defloculante	
d (mm)	% Passa	d (mm)	% Passa
50,80	100,0	50,80	100,0
38,10	100,0	38,10	100,0
25,40	100,0	25,40	100,0
19,10	100,0	19,10	100,0
9,52	97,0	9,52	100,0
4,76	93,4	4,76	100,0
2,00	84,2	2,00	100,0

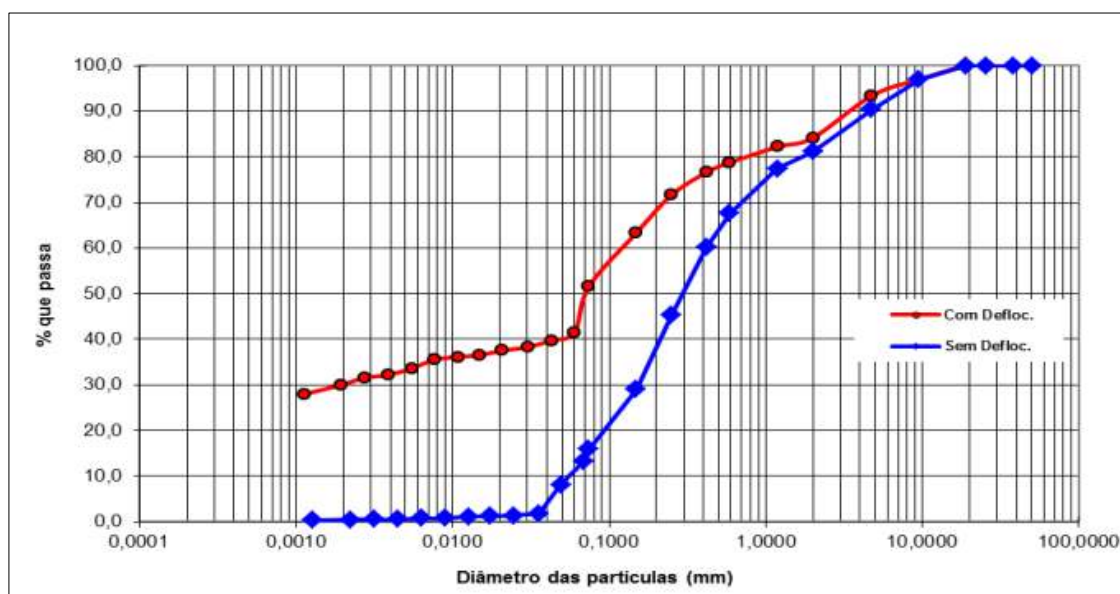


Figura 3. Curva granulométrica do solo com e sem defloculante

4.2 Resistência a compressão dos tijolos

A norma NBR 10834 exige que, para os tijolos de solo-cimento, a média não seja inferior a 2 MPa e apresentar valor individual menor ou igual a 1,7 MPa. Os resultados apresentados nas Tabelas 3 a 5 referente aos tijolos confeccionados, nos traços 1:8 e 1:6, curados do lado de fora da câmara úmida num ambiente coberto, capeados e imersos na água por 24 horas, segundo norma, e rompidos por inteiros. Para estas misturas as resistências alcançadas atenderam as exigências da norma técnica. (Fig. 4 e 5)



Figura 4. Tijolo em prensa



Figura 5. Tijolo 1 rompido.

As misturas de solo com o CP III nos traços 1:8 e 1:6 (Tabelas 4 e 5), apresentaram resistência mecânica também conforme exigências da Norma técnica.

Tabela 3. “Tensão Máxima (mPa) para tijolo solo-cimento convencional - Traço 1:8” e 1.6”

Traço 1:8	Força Máxima (kN)	Tensão Máxima (mPa)	Rompimento (dias)
1	58,37	1,8	
2	58,65	1,8	
3	74,97	2,3	21
4	77,06	2,4	
5	66,05	2,1	
6	69,46	2,2	
7	71,37	2,2	28
8	70,95	2,2	
Traço 1:6	Força Máxima (kN)	Tensão Máxima (mPa)	Rompimento (dias)
1	88,41	2,8	
2	102,89	3,2	21
3	86,86	2,7	
4	90,48	2,8	
5	93,11	2,9	28
6	106,74	3,3	

Tabela 4. “Tensão Máxima (MPa) para tijolo solo-cimento “verde” - Traço 1:8”

Traço 1:8	Força Máxima (kN)	Tensão Máxima (mPa)	Rompimento (dias)
1	83,10	2,6	21
2	78,07	2,5	
3	66,68	2,1	28
4	61,35	1,9	

Tabela 5. “Tensão Máxima (MPa) para tijolo solo-cimento “verde” - Traço 1:6”

Traço 1:6	Força Máxima (kN)	Tensão Máxima (mPa)	Rompimento (dias)
1	72,26	2,3	21
2	67,05	2,1	
3	61,66	1,9	
4	73,03	2,3	28
5	68,93	2,1	
6	57,34	1,8	

Os resultados dos ensaios de tensão de tijolos de traço 1:8 com fibra de 5,0, 10 e 20mm, são apresentados na Tabela 6, e mostram que com o aumento do tamanho da fibra de 5,0 para 10 e 20mm, a tensão máxima diminuiu. Para o traço de 1:6 nas mesmas condições de quantidade de fibra em variados tamanhos (5,0, 10 e 20mm) o comportamento em relação a resistência dos tijolos foi similar ao observado para o caso do traço 1:8 (Tabela 7).

Tabela 6. “Tensão Máxima (MPa) para tijolo solo-cimento “verde” com adição de fibra de sisal (5 mm, 10 mm e 20 mm) - Traço 1:8”

Traço 1:8(5mm)	Força Máxima (kN)	Tensão Máxima (mPa)	Rompimento (dias)
1	67,35	2,1	21
2	66,9	2,1	
3	49,43	1,5	28
4	78,18	2,4	
Traço 1:8(10mm)	Força Máxima (kN)	Tensão Máxima (mPa)	Rompimento (dias)
1	46,50	1,4	21
2	46,89	1,4	
3	51,89	1,6	28
4	53,89	1,7	
Traço 1:8(20mm)	Força Máxima (kN)	Tensão Máxima (mPa)	Rompimento (dias)
1	54,37	1,7	21
2	61,40	1,9	
3	60,70	1,9	
4	62,36	1,9	28
5	56,33	1,7	
6	55,51	1,7	

Tabela 7. “Tensão Máxima (mPa) para tijolo solo-cimento “verde” com adição de fibra de sisal (5 mm, 10 mm e 20 mm)) - Traço 1:6”

Traço 1:6(5mm)	Força Máxima (kN)	Tensão Máxima (mPa)	Rompimento (dias)
1	69,87	2,2	21
2	78,42	2,4	

3	76,97	2,4	
4	37,84	1,2	
5	46,24	1,4	28
6	69,79	2,2	
7	72,50	2,3	
Traço 1:6(10mm)	Força Máxima (kN)	Tensão Máxima (mPa)	Rompimento (dias)
1	43,39	1,3	21
2	47,42	1,5	
3	37,05	1,1	28
4	41,28	1,3	
Traço 1:6(20mm)	Força Máxima (kN)	Tensão Máxima (mPa)	Rompimento (dias)
1	43,15	1,3	
2	41,30	1,3	21
3	44,52	1,4	
4	45,81	1,4	
5	43,02	1,3	28
6	40,09	1,2	
7	34,07	1,0	

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com as figuras 6, 7 e 8 os resultados com cimento CPIII para 21 dias foram os mais satisfatórios, no entanto essa resistência diminuiu com o passar dos dias, isso ocorreu também com a adição da fibra. Aos 28 dias a resistência do tijolo com cimento CP III foi em torno de 7% a menos que o tijolo confeccionado com cimento CII – 32.

Figura 6. Relação de resistências em KN e as misturas com cimento CII-32, CP III e CPIII com fibra de 5,0mm

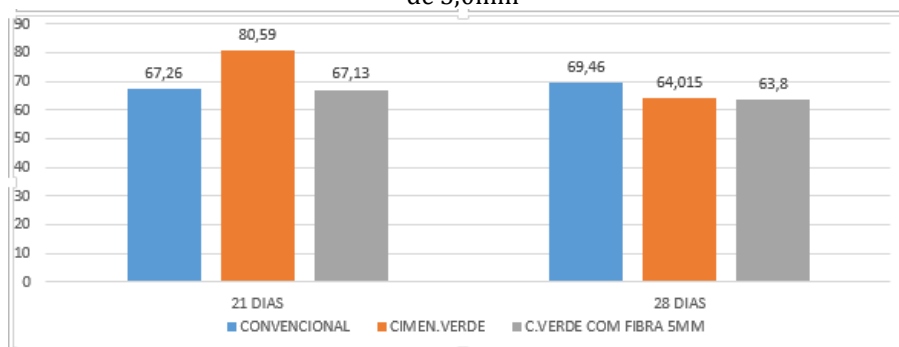


Figura 7. Relação de resistências em KN e as misturas com cimento CII-32, CP III e CPIII com fibra de 10,0mm

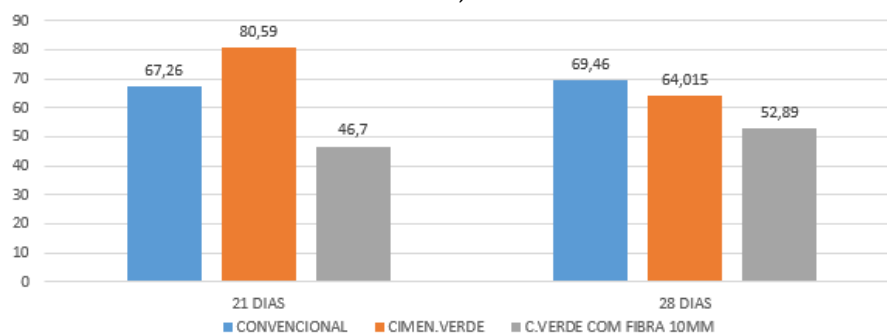
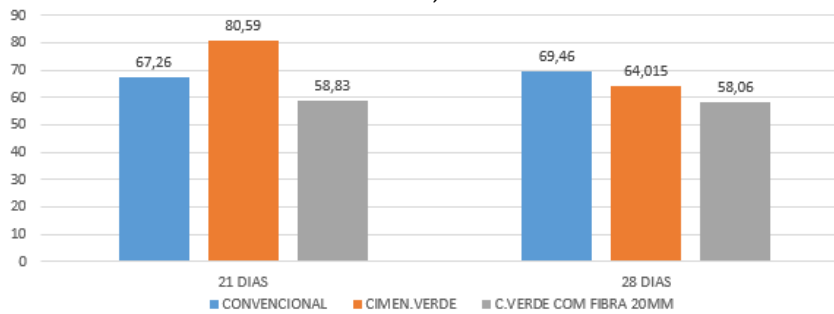


Figura 8. Relação de resistências em KN e as misturas com cimento CII-32, CP III e CIII com fibra de 10,0mm



Já os resultados apresentados para o cimento CIII - cura de 28 dias- foram os mais satisfatórios, porém com a adição da fibra de 5,0mm os resultados foram melhores do que os observados para o traço 1:8 com o mesmo tamanho de fibra. Isso é positivo porque com menos cimento e fibras menores tem-se maior resistência aos 21 dias. E ainda, para o traço em estudo (1:6) com o aumento do tamanho da fibra ocorreu a diminuição da resistência dos tijolos. (Figuras 9, 10 e 11)

Figura 9. Relação de resistências em KN e as misturas com cimento CII-32, CP III e CIII com fibra de 5,0mm (Traço 1:6)

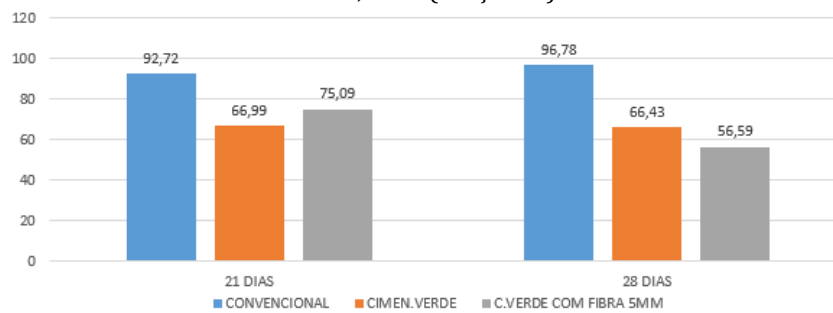


Figura 10. Relação de resistências em KN e as misturas com cimento CII-32, CP III e CIII com fibra de 10,0mm (Traço 1:6)

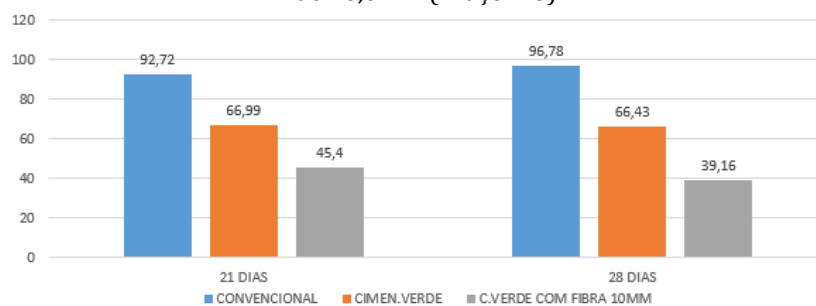
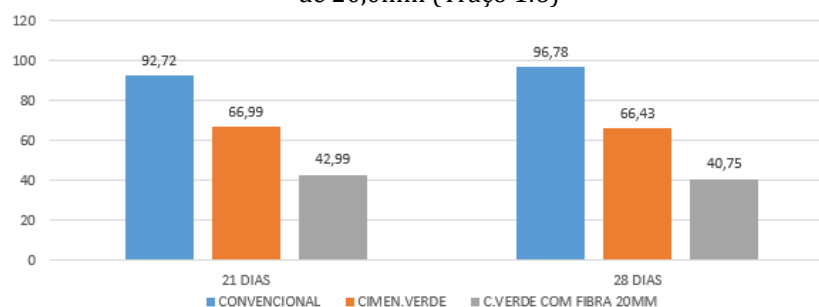


Figura 11. Relação de resistências em KN e as misturas com cimento CII-32, CP III e CIII com fibra de 20,0mm (Traço 1:6)



6. CONCLUSÃO

Mediante a análise dos resultados, pode-se afirmar que o uso do cimento CP-III aumentou a resistência dos tijolos de terra crua, sendo assim, essa pesquisa foi bastante satisfatória, pois a utilização segura de materiais menos poluentes somente acontecerá com confiança após as pesquisas com tais materiais. Sabe-se a importância e necessidade de melhores técnicas com custo/benefício apropriados, porém em torno deste conceito, ainda é preciso buscar soluções sustentáveis. O uso do solo misturado a um tipo de cimento menos poluente, com desempenho no que diz respeito a resistência igual ou melhor que o uso de um cimento mais poluente é sem dúvida uma resposta importante nas soluções que visam misturas de solo e cimento. Quanto a adição da fibra de sisal ao traço de solo e cimento “verde”, percebeu-se que ocorreu apenas o aumento no volume da mistura, em comparação aos tijolos solo-cimento CP-III-32 sem fibra. Para este caso, a intenção era a melhora da resistência dos tijolos, porém como o cimento utilizado foi o CP III, acredita-se que alguma propriedade deste material pode ter alterado este resultado. No entanto, foi válido levantar esses resultados para que assim não se tenha dúvida do desempenho quanto ao comportamento de uma mistura aos moldes desta pesquisa.

Enfim, em avaliação aos objetivos propostos nesta pesquisa, percebeu-se que as eficiências mecânicas dos tijolos estabilizados com cimento convencional foram muito próximas aos estabilizados com cimento “verde”, porém a segunda solução é mais viável devido a necessidade de atender aos critérios de sustentabilidade, principalmente no aspecto ambiental. Quanto aos traços ideais, para que o desempenho de novas pesquisas seja satisfatório, o tipo de solo deve ser o mais próximo possível do escolhido neste trabalho devido a heterogeneidade do material. Todavia, não existe um traço ideal para estudos com solos, devido às diversas características destes materiais que mudam de local para local. Pode se usar um norteador, como o desta pesquisa, sempre atentando-se para as características intrínsecas de cada solo, que altera os resultados de eficiência mecânica destes materiais, mesmo quando estabilizados.

REFERÊNCIAS

- ABIKO, A., K. *Tecnologias Apropriadas: Tijolos e Paredes Monolíticas de Solo-Cimento*. Dissertação (de Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1980. Consultado em: 14.04.2014
- BARBOSA, N. P., MATTONE, R. com Terra Crua. I Seminário Ibero Americano de Construção com Terra, 2002. Consultado em: 15.02.2014
- FILHO, N.A, DANTAS, C, P, LEAL, A, F., BARBOSA, N, P, SILVA, G, C, MAVINIEUX V. A.. Resistência mecânica de compósitos cimentícios leves utilizando resíduos industriais e fibras de sisal, 2011. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662012000800012&script=sci_arttext. Consultado em: 15.02.2015
- BATISTA, A. F. Fibras Naturais. Casa do Produtor Rural – ESALQ/USP. Piracicaba, 2009. Disponível em: <http://agro.unitau.br:8080/dspace/bitstream/2315/187/1/CR+677+Fibras+naturais+-+Utiliza%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Consultado em 13.04.2014
- CODETEC – Unicamp. Considerações sobre Tecnologia Apropriada. Campinas, 1979. Darrow, K., Pam, R. *Appropriate Technology Sourcebook*. Volunteers in Asia Publications, 1976. Consultado em: 13.04.2015
- COTESI DO BRASIL Com Ind de Fios e Participações Ltda. Conceição do Coité – BA. Disponível em: <http://www.cotesi.com.br/sisal.html>. Consultado em 13.04.2014
- IZQUIERDO, Indara Soto “Uso de fibra natural de sisal em blocos de concreto para alvenaria estrutural”, 2011. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-05042011-164738/pt-br.php> Consultado em 13.03.2015
- USP. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. AGENCIA USP DE NOTÍCIAS. 2013. Disponível em: <http://www.usp.br/agen/?p=134582>. Consultado em: 31/03/2014
- VARGAS, M. Para uma Filosofia da Tecnologia. Editora Alfa Omega, São Paulo, 1994. Consultado em: 15.05.2014



Estudo de caso: Comparativo entre os orçamentos de uma escola urbana ou rural executada utilizando-se materiais convencionais e materiais não convencionais

Gabriel Vieira Lopes

*Centro Universitário de Brasília, Departamento de Engenharia Civil, Brasília (DF), Brasil
vl.gabriel@hotmail.com*

Maria Luiza Oliveira Braga

*Centro Universitário de Brasília, Departamento de Engenharia Civil, Brasília (DF), Brasil
maluizabraga@gmail.com*

Maruska Tatiana Nascimento da Silva Bueno

*Centro Universitário de Brasília, Departamento de Engenharia Civil, Brasília (DF), Brasil
maruskanascimento@gmail.com*

RESUMO: O presente trabalho destina-se a comparar um orçamento da construção de uma escola urbana ou rural construída utilizando materiais convencionais da construção civil, com um orçamento utilizando soluções sustentáveis com materiais não convencionais. Por meio do comparativo busca-se demonstrar que é possível executar o mesmo empreendimento com um menor custo e mínima degradação ambiental, além de proporcionar uma interação social atendendo às três esferas da sustentabilidade: econômica, ambiental e social. Com o estudo da construção convencional de uma escola licitada, no município de Araripe-CE, esta pesquisa apresenta possíveis substituições sustentáveis, tais como: utilização de tijolo solo cimento em lugar do convencional bloco cerâmico, telhas leves feitas com reciclagem de garrafas PET em substituição às telhas coloniais, piso de cimento queimado onde fosse possível a substituição da cerâmica e por fim a utilização do concreto drenante nas calçadas, tudo objetivando uma menor degradação do meio ambiente e demonstrando que além de ecologicamente correto é possível obter uma economia final no orçamento da obra. O preconceito e a falta de conhecimento são grandes impeditivos para a não substituição de tais materiais. O presente trabalho teve o objetivo de informar e demonstrar a qualidade equiparada dos materiais sustentáveis além do possível benefício orçamentário proveniente de sua utilização.

Palavras-chave *Materiais convencionais, materiais não convencionais, orçamento, sustentabilidade.*

1. INTRODUÇÃO

O Brasil sempre conviveu com um déficit alto no campo da educação ocupando as mais baixas posições nas pesquisas, segundo o Fórum Econômico Mundial (WEF, na sigla em inglês), em seu último Relatório de Capital Humano (*The Human Capital Report*, em inglês) – divulgado em 2013 – o Brasil ocupa a 88ª posição dentre os 122 países que compõem o *ranking* (*The human capital report*, 2013).

Devido a grande extensão territorial do país, muitas vezes pequenos municípios ficam esquecidos, faltam recursos e acabam sem escolas de ensino de base para a população local. Tal fator é impactante na educação nacional já que grande parte da população está localizada nessas regiões isoladas.

Sendo necessário economizar verbas e gerar empregos nesses municípios, a sustentabilidade encontra o ambiente perfeito para desenvolver seus princípios basilares: o econômico, o social e o ambiental, todos em perfeita harmonia para alcançar o melhor resultado. Ao buscar uma solução sustentável para os municípios onde não há escolas, principalmente de ensino de base, é possível agir economicamente, diminuindo custos e assim conseguindo contornar o problema da falta de verba em municípios interioranos, utilizando recursos presentes no meio e dentro dos padrões exigidos para evitar agressões ao meio ambiente.

Dessa forma, engenheiros e arquitetos devem pôr em prática seus conhecimentos, principalmente ao projetar, buscando soluções viáveis e que de forma eficiente diminuam os custos, aproveitando os recursos disponíveis, otimizando o tempo e atingindo o objetivo primordial: levar educação aos municípios mais carentes e com índices de escolaridade ínfimos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Projetos de engenharia

Segundo Franco & Agopyan (1993) “é nesta fase que se tomam as decisões que trazem maior repercussão nos custos, velocidade e qualidade dos empreendimentos”. Além dos materiais e *layout* desejados pelo cliente, o projeto deve conter todos os detalhes que possibilitem a concretização do empreendimento. E engloba diversas áreas, tais como: Arquitetura, Engenharia Civil, Engenharia Elétrica, Engenharia de Produção, Engenharia Ambiental, Informática, Economia, dentre outras (Colenci Jr. & Guerrini, 1998). A harmonia entre os diversos setores possibilita o planejamento, orçamento e controle efetivo de todo o empreendimento, o que converge para o sucesso como um todo.

O processo de projeto é a etapa mais estratégica do empreendimento com relação aos gastos de produção e a agregação de qualidade ao produto (Fabrício, 2002).

Em projetos escolares existem diretrizes específicas a serem seguidas pelos referidos projetos, e que atualmente encontram-se delimitados por manuais técnicos elaborados pelo Fundo de Fortalecimento da Escola. Em geral, as recomendações dos manuais são úteis, principalmente no tocante ao sistema construtivo e ao projeto arquitetônico. Como todo projeto governamental que se planeje repetir em grande escala de forma

padronizada, é desejável uma atuação marcada por eficiência, rapidez e economia no processo de construção, com o mínimo de despesas exigidas à conservação, desde que sejam mantidos os padrões de qualidade. Os projetos arquitetônicos são enfáticos quanto ao conforto que as construções devem propiciar aos alunos, com ênfase nas dimensões dos espaços internos, na ventilação, na iluminação, nos níveis de ruído, nos isolamentos térmicos, além de recomendações relativas à topografia, natureza do subsolo e outros aspectos inerentes à localidade em que se insira cada escola (Fundescola, 2002).

2.2 Materiais não convencionais utilizados na engenharia

Os materiais não convencionais são geralmente considerados ecologicamente não agressivos ao meio ambiente. Estes se baseiam, sobretudo, no uso de materiais como a terra do solo local, resíduos industriais recicláveis como o papel, resíduos agro-industriais, além de materiais de origem biológica, como as fibras de cânhamo, o bambu ou a palha (Eires, 2006). Segundo Barbosa (2005), pode-se justificar a denominação de não convencionais porque eles não são ainda regidos por normas técnicas já bem estabelecidas, aceitas e difundidas mundialmente.

Os materiais não convencionais enfrentam o preconceito da sociedade por estarem sempre relacionados à pobreza. Devido ao seu baixo custo é comum ver sua utilização nos subúrbios das cidades, em meio a favelas, e devido à cultura da industrialização, aqueles que têm condições para optar por materiais industrializados jamais escolheriam os não convencionais, por acreditarem que estariam adquirindo algo de qualidade inferior ou que teriam um acabamento inadequado. Este é um mito que precisa acabar. Existem inúmeras construções demonstrando a qualidade e eficiência de materiais não convencionais e o quão vantajoso eles se mostram. O bambu, por exemplo, é um excelente material e tem inúmeras aplicações na construção civil por atender aos requisitos de resistência, ser flexível e leve (Silva et al. 2010).

Civilizações colombianas desde a metade do século XIX utilizavam a técnica construtiva denominada, “bahareque” de bambu, que é constituída pelo elemento estrutural, bambu, e por paredes, teto e piso, recobertos interna e externamente por lâminas formadas por bambu rachado. Esta técnica difundiu-se rapidamente em outras regiões da América, devido a suas características sísmo-resistentes e à facilidade de adaptação em topografias irregulares, contando em alguns casos com a utilização de barro (Cruz, 2009). A Figura 1 ilustra as paredes estruturadas com lâminas de bambu rachado, e também mostra a mesma técnica, porém com acréscimo de barro para tornar as paredes mais resistentes.



Figura 1. Técnica construtiva denominada “bahareque de bambu”. 1a. Bahareque apenas em bambu. 1b. Bahareque com vedação em argila. 1c. Bahaque com vedação em barro vermelho. Fonte: Yosoyxinka, 2016.

3. METODOLOGIA DA PESQUISA

3.1 Escolha do projeto da escola de ensino

Para o referido estudo foram analisados projetos arquitetônicos do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), que são oferecidos como projeto padrão para a construção das escolas públicas. São projetados de acordo com a finalidade e a região a serem construídas (FNDE, 2014). As diferentes construções variam de acordo com: o tamanho, a demanda a ser atendida, o lazer oferecido aos alunos e certamente ao custo, conforme Tabela 1.

Tabela 1. Projetos Padrões do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Fonte: FNDE, 2014.

PROJETO PADRÃO FNDE 2013					
TIPOLOGIAS	TERRENO (dimensões mínimas)	ÁREA CONSTRUÍDA	CUSTO REFERENCIAL / m ²	VALOR MÁXIMO A FINANCIAR	DEMANDA ATENDIDA
Escola 01 sala de aula	35 m x 50 m	111,03 m ²	R\$ 1.200,00	R\$ 133.236,00	36 alunos por turno
Escola 02 salas de aula	35 m x 50 m	204,06 m ²	R\$ 1.200,00	R\$ 244.872,00	72 alunos por turno
Escola 04 salas de aula	60 m x 80 m	785,54 m ²	R\$ 1.200,00	R\$ 942.648,00	144 alunos por turno
Escola 06 salas de aula	60 m x 80 m	851,63 m ²	R\$ 1.200,00	R\$ 1.021.956,00	216 alunos por turno
Escola 12 salas de aula	80 m x 100 m	—	—	R\$ 3.534.000,00	432 alunos por turno

Todos os projetos tiveram os memoriais descritivos analisados em busca daquele que melhor se adequasse à proposta deste trabalho. Os projetos “Escola, 01 sala de aula” e “Escola, 02 salas de aula” certamente não se enquadrariam na proposta, por sua simplicidade e tamanho das construções. Uma análise de orçamento com substituição de material em um projeto tão pequeno não surtiria uma comparação significativa, além da tipologia não atender apenas a assentamentos ou pequenas comunidades, mas também são usadas como Escolas Indígenas e Quilombolas (FNDE, 2014).

O projeto “Escola, 12 salas de aula” por sua vez ao ser analisado mostrou-se como um grande complexo escolar – com quadra coberta – extrapolando a barreira dos três milhões de reais a serem financiados, o que certamente não é uma escola a ser executada em pequenos municípios com déficit de verbas.

Dos projetos padrões do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação, restaram então as escolas com quatro e seis salas de aula. Foi escolhido o “Escola 06 salas de aula (Figura 2)”, denominado “Projeto Espaço Educativo Urbano e Rural II – 6 salas”, que é um projeto de médio porte destinado a pequenos núcleos urbanos nas diversas regiões (FNDE, 2014).

Com o intuito de promover um comparativo orçamentário fiel à realidade da Administração Pública, foi pesquisada uma licitação já encerrada, para que a diferença apresentada pela substituição dos insumos não se mostrasse apenas no plano fictício, mas com valores já contratados por administradores e que poderiam ter sido economizados caso optassem pelo sustentável.

A escolha pelo município de Araripe – CE deve-se à adequação das características do município à proposta deste trabalho: município interiorano (a mais de 500 quilômetros da capital), pequena população (21.170 pessoas; IBGE, 2013) e segundo o Censo Escolar (2011) do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais – INEP – com poucas escolas públicas, apenas 23 (22 municipais e uma estadual), um número reduzido se comparado à capital do estado (Fortaleza – CE), que possui 448 escolas públicas (260 municipais, 175 estaduais e três federais) e com uma receita anual ínfima quando comparada com a capital – aproximadamente 44 milhões e meio de reais contra 4 bilhões e meio de reais da capital, dados do Portal Transparência do Tribunal de Contas dos Municípios do Estado do Ceará, do ano de 2012 (ano no qual foi contratada a licitação).

A licitação, na modalidade concorrência pública do tipo menor preço, para a construção dessa escola, foi aberta em 27/04/2012, em que se apresentaram dois concorrentes: a empresa “A”, com um valor de R\$ 931.153,33; foi vencedor a empresa “B”, com um valor de R\$ 929.534,80. O processo licitatório, contrato e planilha orçamentária foram obtidos no sítio oficial do Tribunal de Contas do Município do Estado do Ceará-Brasil – Portal da Transparência.



Figura 2. Projeto Arquitetônico Espaço Educativo Urbano e Rural II 6 salas - Planta baixa para elaboração do projeto de implantação com disposição dos blocos e suas respectivas áreas. Fonte: FNDE, 2014.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Levantamentos e orçamentos dos materiais

O INCC publicado para o mês de abril/2012 foi de 499,791, e o atual Índice Nacional de Custo da Construção – INCC (abril/2016 – que foi o último publicado) é de 663,057, segundo o SINDUSCONPR (2016). Para obter o valor atual basta que se divida o valor anterior pelo INCC do mês cotado, e multiplicar pelo mês que se deseja a atualização, gerando uma nova planilha orçamentária, sendo que o preço total da obra variou de R\$ 798.563,98 até R\$ 1.059.429,743 um aumento de 32,67% do orçamento original.

Com um consumo médio de 64 unidades para cada m² de tijolo, seriam necessários aproximadamente 55.807 tijolos de solo cimento para construir os 872 m² de alvenaria da escola. A utilização desses tijolos acarreta um gasto a mais, quando comparado ao convencional, de R\$ 3.267,96, já consideradas as atualizações nos valores do orçamento licitado.

Na elevação de alvenaria não há necessidade do assentamento com argamassa, por ser feita com o encaixe dos tijolos, todavia, o aperto de alvenaria realizado com os blocos na diagonal devem ser assentados utilizando-se argamassa traço 1:2:8, conforme licitado. A Tabela 2 apresenta o custo para o aperto com alvenaria em tijolo de solo cimento assim como apresenta a diferença entre este e o bloco cerâmico.

Tabela 2. Resumo da diferença de custo entre alvenaria em bloco cerâmico e tijolo de solo cimento. Fonte: Próprio autor.

ALVENARIA	Un.	Qtde.	Valor unid. R\$	TOTAL
Aperto de alvenaria em tijolo cerâmico maciço, esp=10cm, com argamassa traço - 1:2:8 (cimento/cal/areia), à revestir	m	303,15	15,92	4.826,15
Aperto de alvenaria em tijolo de solo cimento, com argamassa traço - 1:2:8 (cimento/cal/areia)	m	303,15	10,78	3.267,96
DIFERENÇA DE CUSTO			5,14	1.558,19

A substituição do bloco cerâmico pelo tijolo em solo cimento apresenta outra vantagem, que é a possibilidade de manter a alvenaria aparente apenas com uma camada protetora de resina acrílica. Revestimento cerâmico para parede e pintura sobre paredes, podem ser substituídos apenas pela aplicação da camada protetora de resina acrílica.

Com todas as composições relacionadas à alteração do sistema de vedação do projeto foi possível a elaboração de uma tabela na qual a diferença real entre os dois sistemas fosse definida. A Tabela 3 apresenta o resumo das diferenças de custo entre os sistemas de vedação.

Tabela 3. Resumo da diferença de custo entre alvenaria em bloco cerâmico e tijolo de solo cimento. Fonte: Próprio autor.

DIFERENÇA	VALOR (R\$)
Diferença na alvenaria de bloco cerâmico e tijolo de solo cimento	3.493,15
Diferença no aperto da alvenaria de bloco cerâmico e tijolo de solo cimento	1.558,19
Diferença no revestimento da alvenaria de bloco cerâmico e de tijolo de solo cimento	92.813,57
TOTAL DA DIFERENÇA ENTRE OS DOIS SISTEMAS	90.878,61

Apenas com a substituição do sistema de vedação ocorreria uma economia de aproximadamente 91 mil reais, o que representa 8,58% do custo total atualizado do empreendimento, além do benefício ao meio ambiente pelos motivos já enumerados.

Para a composição de custo unitário (m²) da cobertura, o grande fator a ser considerado foi o peso da telha, que por ser quase dez vezes mais leve que a convencional, afetou diretamente a estrutura. Logo, antes da composição de custo unitária para instalação das

telhas, foi elaborada uma composição de custo para a estrutura do telhado baseada nas orientações do fabricante.

Ainda que a estrutura do telhado para as Telhas Leves mostre-se significativamente com menores custos – R\$142,70/m² para telhas cerâmicas e R\$ 61,90/m² para telhas leves – o custo das peças de Telhas Leves® são mais caras que as convencionais, todavia o maior custo se justifica pela praticidade da Telha Leve®, além da manutenção ser menos onerosa e principalmente pelo fato do desperdício chegar próximo de 0% já que elas não quebram, evitando perdas durante a construção. Apesar da diferença no custo unitário das telhas instaladas – R\$ 40,04/m² a telha colonial, e R\$ 74,42/m² a Telha Leve® – o custo final indica maior economia com a utilização das telhas leves, apresentando enorme economia na estrutura, que – segundo o fabricante – precisa suportar apenas 6 kg por metro quadrado. Logo, a diferença de custo da estrutura da cobertura supera a diferença de custo entre a telha cerâmica e a Telha Leve®, e com a substituição é possível obter uma economia de quase 55 mil reais, o que representa 5,12% do orçamento total da obra. Além de benefícios proporcionados pela utilização de tal material, como a não proliferação de fungos, que deixam o telhado escurecido e com aparência de degradado com o tempo, há o benefício proporcionado ao meio ambiente com milhões de garrafas PET sendo recicladas e tendo um destino útil para a sociedade.

O piso cerâmico seria mantido apenas em 36,35 m² – nos sanitários e no vestiário, para facilitar a limpeza desses ambientes – sendo substituído pelo cimento queimado em todo o restante da escola, já que se mostra mais econômico, sem a geração de resíduos apresentada pela cerâmica. Apesar de o insumo principal ser o cimento, que em seu processo produtivo passa pela queima e polui a atmosfera, quando comparado à quantidade de cerâmica que seria utilizada (que também passa pelo mesmo processo produtivo), a substituição mostra-se satisfatória ao meio ambiente. A diferença de custo comparado do revestimento cerâmico para piso substituído pelo cimento queimado foi de R\$ 23.370,39.

A diferença de custo entre o piso de concreto ecológico drenante e o piso de concreto simples desempolado foi de R\$ 11.061,27. Ainda que o piso em concreto simples seja de execução mais rápida e mais resistente, não há necessidade de sua utilização. É certo que o concreto drenante, além de mais econômico, é uma solução sustentável e que manterá o reabastecimento natural do lençol freático daquela região.

4.2 Estudo comparativo

O comparativo orçamentário teve como foco os itens que tiveram sugestões de substituições sustentáveis previamente analisadas pontualmente. São eles: paredes e painéis, cobertura, revestimento, pavimentação, pinturas e portal de acesso.

O comparativo demonstra que atualmente a construção civil tem evoluído para buscar soluções que apresentam benefícios econômicos, ecológicos e sociais, uma vez que além de mais baratas no custo total da obra, em diversos casos não demandam mão de obra demasiadamente especializada. Isso possibilita que seja aproveitada a mão de obra disponível nas mais diversas regiões do país sem demandar treinamentos específicos. Visando uma maior economia todos os serviços foram calculados com uma equipe por

frente de serviço, o que certamente seria suficiente haja vista o pequeno porte da obra. Tal escolha foi determinante na significativa diferença entre os orçamentos.

A Figura 3 apresenta resumidamente estes itens e o percentual que a diferença representa no total do orçamento, para que então seja possível avaliar a economia alcançada. Comprova-se ainda que seja possível economizar significativamente com a substituição daqueles insumos que mais impactam no orçamento final do projeto. A diferença de R\$ 176.581,84 representa 17% de economia em relação ao orçamento atualizado, fechado na licitação.

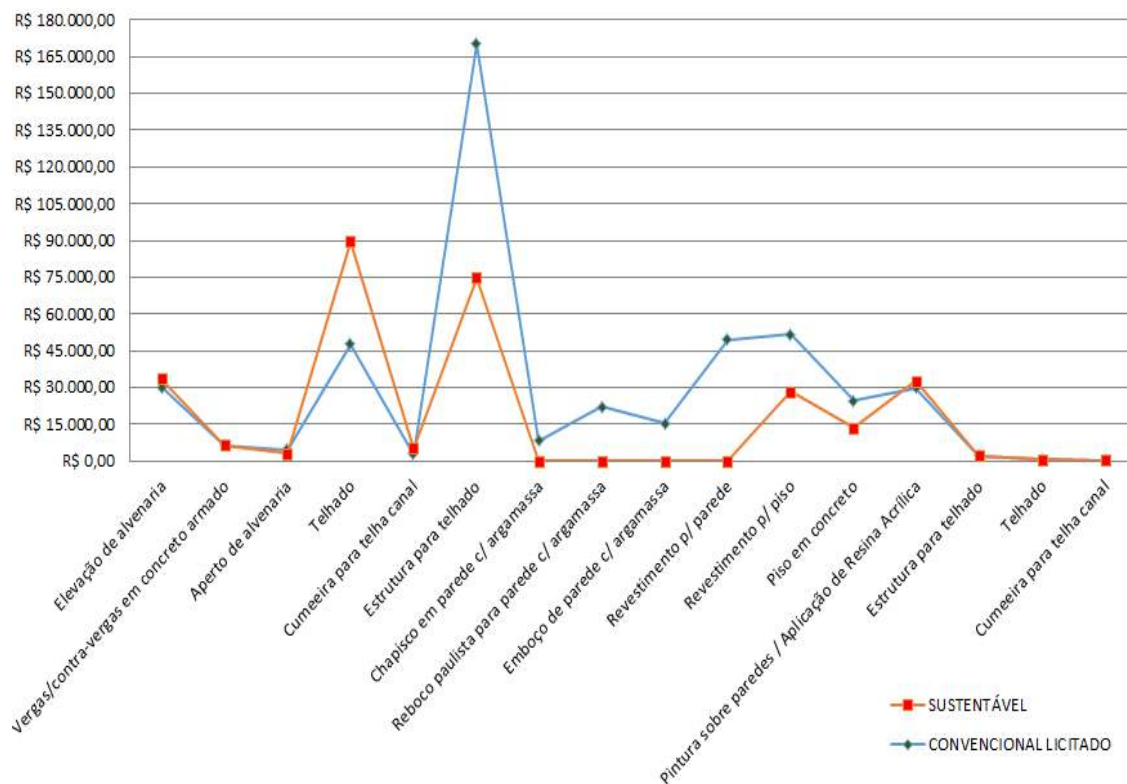


Figura 3. Comparativo orçamentário: materiais convencionais x materiais sustentáveis. Fonte: Próprio autor.

É certo que o comparativo apresentou uma dentre diversas soluções não convencionais possíveis para substituição dos materiais, logo, a depender da substituição proposta, a diferença pode ser maior ou menor. O certo é que as possibilidades existem e o que falta são projetistas e administradores determinados a realizar tais mudanças.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A substituição de materiais convencionais por não convencionais mostra-se deveras vantajosa não apenas na seara econômica, mas certamente na ecológica e ainda, social. Com a evolução da ideologia mundial para a proteção do meio ambiente e consumo consciente, a construção civil busca soluções que atendam a tais exigências. Sem dúvidas não serão todas as soluções sustentáveis inovadoras que se mostrarão mais econômicas que as convencionalmente utilizadas, todavia este trabalho demonstrou que com pesquisa e planejamento é possível a substituição de insumos mais poluentes e menos sustentáveis, por alternativas sustentáveis e menos onerosas ao empreendedor.

Municípios interioranos como o de Araripe-CE, com verba restrita e um reduzido número de escolas, podem ser beneficiados com as soluções propostas por este trabalho, afinal a economia orçamentária obtida na escola de aproximadamente R\$ 153 mil, é quase meio por cento da verba de todo o município, o que comprova o impacto gerado pela economia obtida.

Além de mais econômicas, as soluções apresentadas abrangeram a seara social da sustentabilidade, quando destacaram serviços nos quais não houvesse a necessidade de uma alta qualificação da mão de obra. Isso possibilitaria que trabalhadores locais – certamente familiares dos futuros estudantes das escolas públicas – fizessem parte da construção. O aprendizado de um novo ofício, além de ser benéfico ao município interiorano, com poucas oportunidades de trabalho, também é benéfico a toda população ali residente. Uma consequência saudável é o incentivo para a formação de cooperativas voltadas principalmente para a confecção dos materiais e tecnologias propostas nesse trabalho. Deste modo o município poderá treinar outras comunidades e assim disseminar o conhecimento e as práticas sustentáveis.

O terceiro setor, composto por instituições, associações e fundações tem alavancado a economia brasileira como auxiliador do poder público. A criação de cooperativas para auxiliar as construções é além de um incentivo, um fortalecimento deste setor. As cooperativas são instituições particulares que trabalham para gerar bens e serviços públicos à sociedade e estão cada vez mais em destaque no Brasil. Nos municípios interioranos, o terceiro setor mostra-se necessário e eficiente atuando de forma social, levando qualidade de vida a todos da região.

Projetos governamentais padrões, não apenas os escolares, podem ser revistos e analisados visando uma modernização do ponto de vista sustentável. Certamente um replanejamento junto a gestores ambientais, engenheiros civis e arquitetos – baseados em pesquisas que demonstram ser possível uma economia – possibilitam uma efetiva melhoria nos projetos do ponto de vista da temática proposta.

Atualmente inúmeras são as soluções que visam uma menor degradação do meio ambiente, todavia não são todas que têm o custo compatível com materiais convencionais, por isso é necessário uma análise prévia das condicionantes que levaram à substituição e do custo-benefício gerado por tal escolha. Muitas vezes o custo inicial pode parecer maior que o convencional, mas com um planejamento mais detalhado chega-se a conclusão que a economia será evidente, seja com insumos secundários, manutenção ou mesmo na execução do serviço desejado.

No caso estudado alguns insumos com maior impacto no orçamento foram substituídos por materiais não convencionais e ao final apresentaram um menor custo para o orçamento, devido especialmente à escolha correta da solução sustentável, ao planejamento, à pesquisa do insumo a ser substituído e à oferta de mão-de-obra capaz de trabalhar com a solução escolhida. O resultado foi uma economia significativa ao município. Tal economia pode alavancar a educação em municípios com déficit de verba, possibilitando a edificação de mais escolas com essa quantia economizada a cada construção, podendo ser estendida para outras unidades do Estado (hospitais, praças, entre outros).

REFERÊNCIAS

- Barbosa, N. P. 2005. *Considerações sobre materiais de construção industrializados e os não convencionais*. Universidade Federal da Paraíba. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana - UFPB. João Pessoa – PB.
- Censo escolar. 2011. Censo Escolar/INEP – Qedu.org.br. Acesso em 30.jan.2014 <<http://www.qedu.org.br/cidade/4848-araripe/censo-escolar>>
- Colenci Jr., A. & Guerrini, F. M. 1998. Gestão da produtividade e competitividade. In: *ESCRIVÃO FILHO, E. (Ed.). Gerenciamento na construção civil*. São Carlos: EESC/USP- Projeto REENGE. p.159-207.
- Cruz, H. 2009. *Bambu Guadua Guadua angustifolia kunth*. Gráficas OLIMPICA S.A, Pereira. Colômbia.
- Eires, R. M. G. 2006. *Materiais não convencionais para uma construção sustentável utilizando cânhamo, pasta de papel e cortiça*. Escola de Engenharia. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade do Minho, Braga – Portugal.
- Fabício, M. M. 2002. *Projeto Simultâneo na construção de edifícios*. São Paulo: Escola Politécnica. Tese (Doutorado em Engenharia) – USP.
- FNDE. 2014. Projetos arquitetônicos para construção. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Acesso em 29.jan.2014 <<http://www.fnde.gov.br/programas/par/par-projetos-arquitetonicos-para-construcao>>.
- Franco, L. S. & Agopyan, V. 1993. *Implantação da racionalização construtiva na fase de projeto*. São Paulo: Escola Politécnica/USP.
- Fundescola. 2002. *Espaços educativos ensino fundamental – subsídios para elaboração de projetos e adequação de edifícios escolares – cadernos técnicos 4 – volume 1*.
- IBGE. 2013. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais. Nota 1: Estimativas da população residente com a data de referência 1º de julho de 2013. Acesso em 30.mai.2016 <<http://www.cidades.ibge.gov.br>>
- Silva et al. 2010. *Aplicação de bambu em estruturas: estudo de caso a estrutura da exposição “O paisagista Roberto Burle Marx” em Brasília*. Anais do seminário da rede brasileira de Bambu. Brasília.
- SINDUSCONPR. 2016. Serviço Social do Sindicato da Indústria da Construção Civil no Estado do Paraná. Acesso em 29.mai.2016 <http://www.sindusconpr.com.br/principal/home/?sistema=conteudos%7Cconteudo&id_conteudo=310>
- Yosoyxinka. 2016. *Arte: el bahareke o bahareque, un arte ancestral para la construcción. Somos Xinkas* - La pagina oficial del Pueblo Xinka. Acesso em 02.jun.2016. <<http://yosoyxinka.blogspot.com.br/2011/08/arte-el-bahareke-o-bahareque-un-arte.html>>



A influência da tipologia da janela na iluminação natural: O caso da Estação Antártica Comandante Ferraz

Marina Silva Tomé

Universidade Federal do Espírito Santo, Laboratório de Planejamento e Projeto, Vitória (ES), Brasil
marina_tome@hotmail.com

Daniela Pawelski Amaro Marins

Universidade Federal do Espírito Santo, Laboratório de Planejamento e Projeto, Vitória (ES), Brasil
daniela.pawelski@gmail.com

Cristina Engel de Alvarez

Universidade Federal do Espírito Santo, Laboratório de Planejamento e Projeto, Vitória (ES), Brasil
cristina.engel@ufes.br

Andréa Coelho Laranja

Universidade Federal do Espírito Santo, Laboratório de Planejamento e Projeto, Vitória (ES), Brasil
andreacoelholaranja@gmail.com

RESUMO: A iluminação natural é fundamental componente da qualidade do espaço interno das construções, e a escolha da forma e proporção das janelas destes espaços influencia diretamente no melhor uso desta fonte de energia. Isso torna-se especialmente importante em edificações na Antártica devido à trajetória solar. Assim, o objetivo desta pesquisa foi verificar a quantidade de luz natural disponibilizada pelas aberturas para as novas edificações da Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF), avaliando outros tipos de janelas que poderiam obter uma maior eficiência lumínica e fossem coerentes com o sistema construtivo adotado. Para realizar esta análise, foram determinados os formatos de janela a serem avaliados e adotado o software Relux Pro para executar os cálculos necessários. As simulações apontaram que a solução proposta no projeto original – com proporções mais verticais, não apresenta performance suficiente para atender às condições desejáveis de iluminação, tendo apresentado também o pior resultado quando comparada às demais aberturas sugeridas. Concluiu-se que a solução mais adequada para uma edificação antártica localizada na borda litorânea é a adoção de aberturas horizontais, permitindo o máximo de aproveitamento da luz natural, associado à necessária relação entre o ambiente interno e externo.

Palavras chave *iluminação natural, performance da janela, estação científica, iluminância.*

1. INTRODUÇÃO

Existe um grande número de estudos que procuram otimizar a relação da iluminação natural e o ambiente construído, entretanto, o contexto no qual o Continente Antártico se insere difere-se bastante dos centros urbanos onde esses estudos são normalmente desenvolvidos.

Conhecida como a “Terra dos Superlativos” por ser a região mais remota, mais estéril, mais desértica, mais ventosa e de mais alta superfície média do planeta (Alvarez, 1995), a Antártica apresenta características particulares que influenciam diretamente na obtenção de luz natural no ambiente interno, como sua trajetória solar com grandes diferenças na quantidade de horas de luz natural disponível nos períodos de verão e inverno, e o alto índice de radiação recebido (Montarroyos, 2015).

Atualmente, a Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF), pertencente ao Programa Antártico Brasileiro (PROANTAR), encontra-se em processo de reconstrução visto que grande parte da antiga edificação foi destruída em um incêndio ocorrido em 2012. Para a reconstrução das novas edificações foi promovido um concurso de projetos e lançado um Termo de Referência contendo as principais orientações para o desenvolvimento do projeto (Montarroyos, 2015).

Embora as diretrizes estabelecidas pelo Termo terem buscado a proposição de exigências no âmbito da sustentabilidade para edificações mais eficientes, a realização de alguns estudos preliminares indicou que a abertura das janelas projetadas não alcançaria resultados satisfatórios relacionados à iluminação natural dos ambientes internos (Lima & Caram, 2015). Sabe-se que o apropriado formato de janela influencia diretamente na sua eficiência e quantidade de luz recebida (Acosta et al., 2016), e que a iluminância pode ser advinda de luz direta, quando o céu é visto do ponto de simulação, ou indireta, através das reflexões das superfícies existentes externamente.

Assim, como primeira aproximação ao tema abordado, o objetivo da pesquisa foi analisar o tipo de janela proposto nas novas edificações da Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF – Fig. 1), verificando a quantidade de luz natural disponibilizada pela abertura padrão e avaliando outros tipos, coerentes com o sistema construtivo adotado, que poderiam obter uma maior eficiência lumínica. Visto que as edificações ainda não foram construídas, os resultados permitem, eventualmente, a modificação do modelo de janela proposto, além de auxiliar em decisões futuras de projetos para edificações Antárticas que apresentem condições similares.



Figura 1. Maquete eletrônica da EACF
Fonte: Arch Daily (2016)

1.1 Breve contextualização do local

A EACF foi construída na Península Keller, Ilha Rei George (62°05' S e 58°23' W), e encontra-se em uma área caracterizada por longos períodos de sol na abóbada celeste próximo ao solstício de verão, e por períodos curtos de trajetória solar no inverno (Montarroyos, 2015). Dessa forma, há uma grande diferença na quantidade de luz externa disponível durante o ano, gerando situações extremas e opostas a serem resolvidas por uma mesma abertura. Verifica-se, ainda, a diferença na refletância externa originada do solo, que devido à ausência de construções vizinhas, é a maior influência recebida pelo ambiente interno. Enquanto no verão o solo rochoso encontra-se exposto e apresenta uma tonalidade escura, no inverno a predominância da neve é a responsável por uma maior refletância devido a predominância da cor branca.

2. METODOLOGIA

Os programas de simulação de luz natural no espaço arquitetônico vêm ganhando importância no campo do planejamento das edificações devido ao fato da crescente preocupação em projetar ambientes confortáveis e energeticamente eficientes, existindo atualmente diversos programas com essa finalidade. Para esse estudo, foi selecionado o *software* RELUX PRO por ser um programa gratuito, apresentar confiabilidade e possibilitar a elaboração de gráficos e imagens, certificado pelo CIE (International Commission on Illumination) e por ser utilizado também em outros estudos recentes sobre eficiência energética (Maamari et al., 2006; YU et al., 2014).

Sabe-se que uso da luz diurna faz parte das recomendações de órgãos regulamentadores internacionais, tais como a IES (Illuminating Engineering Society) que sugere uma iluminância oriunda de fonte natural de 300 lux para escritórios, salas de aula e biblioteca em pelo menos 50% do tempo de ocupação do ano (Mangkuto et al., 2016). Assim, foi adotado o mesmo valor para a análise dos resultados.

2.1 Delimitação do objeto

Para a realização das simulações foram adotados os seguintes parâmetros: 1) dimensões do ambiente conforme a estrutura modular da Estação; 2) caracterização do ambiente como um local de trabalho, visto ser o espaço de maior permanência e com maior necessidade de iluminação adequada em termos quantitativos e qualitativos (Acosta et al., 2016); 3) adoção da mesma área de abertura conforme a janela projetada para as novas edificações da EACF.

O ambiente tipo possui dimensões de 2,14m de largura por 5,74m de profundidade e pé direito de 2,46m. Para a análise foi reproduzida a janela proposta para as novas edificações (Fig. 2) e propostos outros 3 modelos onde foi mantida a área da janela original. Os coeficientes de reflexões utilizados para os cálculos foram de 20% no piso, 70% no teto e 50% nas paredes. Estes valores foram definidos através da média da faixa de refletância útil para superfícies internas de um ambiente, disposto na normativa brasileira ABNT NBR 8.955-1.

Nas Figuras 2, 3, 4 e 5 estão representadas as vistas esquemáticas dos ambientes simulados com os quatro tipos de janelas seguindo as particularidades estabelecidas no projeto, ou

seja, a espessura das paredes externas e o vidro duplo para eficiência do isolamento térmico do edifício.

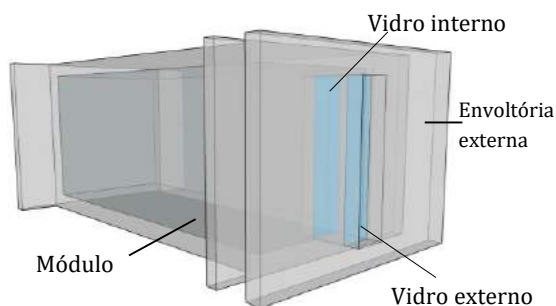


Figura 2. Representação da janela tipo 1 (projeto original para as novas edificações da EACF), de 221x48,3cm, 1,06m² e peitoril de 5cm

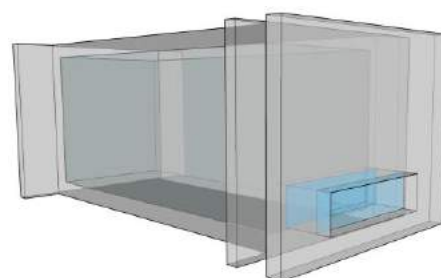


Figura 3. Representação da janela tipo 2, de 53x200cm, 1,06m² e peitoril de 10cm

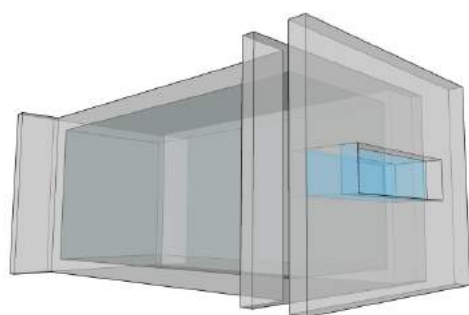


Figura 4. Representação da janela tipo 3, de 53x200cm, 1,06m² e peitoril de 100cm

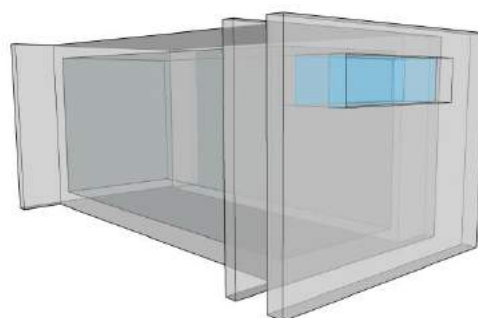


Figura 5. Representação da janela tipo 4, de 53x200cm, 1,06m² e peitoril de 180cm

Para efeito de simulação computacional foi feito um plano ortogonal (Fig. 6) da zona de avaliação do ambiente, a 75cm do piso conforme determina a ABNT NBR 8.955-1.

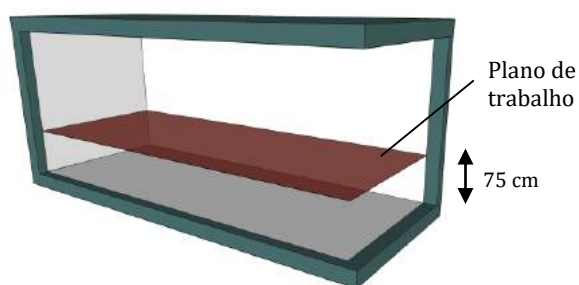


Figura 6. Representação do plano de trabalho

Para a realização da análise foi determinado o dia 21 de cada do ano, a fim de permitir o desenho do comportamento da entrada de luz natural nos ambientes internos, a performance obtida em cada tipo de janela e a análise dos solstícios de verão e inverno.

Foram selecionados horários para as medições da iluminância do ambiente interno que mapeassem o comportamento da luz natural ao longo de todo o ano, evidenciando assim a verdadeira contribuição da luz solar e, conseqüentemente, sua influência no desenvolvimento das atividades internas. Posteriormente, foi realizada a análise do horário de 13h00 apenas, pois ele representa a influência do sol na sua maior altitude. Isso possibilitou uma simplificação das análises e a obtenção de uma constante do potencial de cada janela.

A figura 7 representa o percurso do sol nas coordenadas geográficas da EACF. O desvio da hora de cálculo para aproximadamente 1h a menos representa o TST (“True Solar Time”). O programa de cálculo RELUX PRO converte a hora marcada usando as informações da latitude e longitude do local de implantação do projeto. Esse parâmetro determina o exato posicionamento do sol e a correta distribuição da luminância no céu.

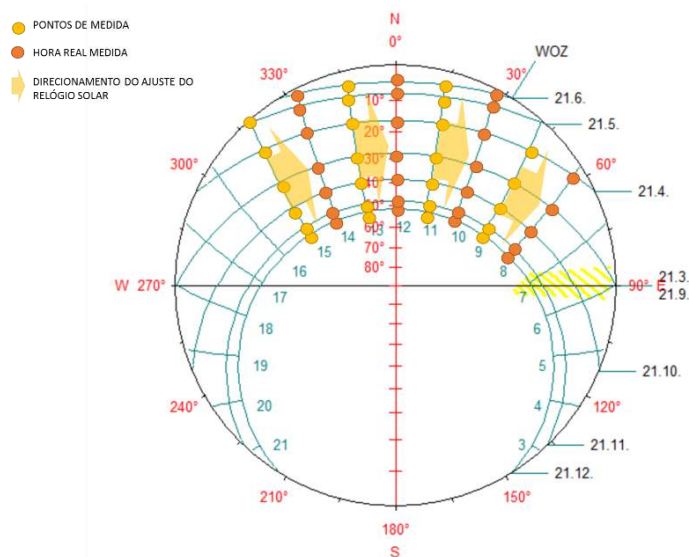


Figura 7. Mapa solar EACF, com a marcação dos pontos de medida – horários e meses do ano – e o deslocamento da hora legal para a hora real.

De acordo com os parâmetros CIE adotou-se o céu claro, o qual utiliza a luminância proveniente da radiação direta do céu azul, sem considerar a luz solar direta (CIE S011, 2003). Assim, os gráficos solares de iluminância média anual da EACF (gráfico 1) permitem analisar os diferentes comportamentos da luz natural dentro do ambiente ao longo do ano, e comparar os resultados obtidos na simulação dos 4 tipos de janelas avaliados.

2.2 Simulação computacional

O *Daylight Factor* também conhecido como Fator de Luz Diurna (FLD) ou Coeficiente de Luz do Dia é uma medida considerada adequada para ser utilizada na avaliação da qualidade da luz do dia em um ambiente. Ele descreve a proporção de iluminância do lado externo sob a iluminância do interior da construção, expressa em percentual. Quanto maior o FLD, mais luz natural está disponível no ambiente, sendo obtido a partir da seguinte equação:

$$FLD = 100 * E_{in} / E_{ext}$$

Onde, E_{in} é a iluminância dentro do ambiente num ponto fixo; e E_{ext} é a iluminância horizontal externa sob condições de céu nublado, conforme as normas CIE.

O FLD pode ser medido por um ponto específico ou expressos como uma média. Esta última é a média aritmética da soma dos valores do ponto de tomadas a uma altura de 0,75 m de uma malha que abrange a área total do ambiente.

O método de avaliação da performance lumínica deste trabalho utiliza o FLD expresso em média aritmética como parâmetro de medição. É um indicador que fornece resultados diretamente relacionados com a eficiência luminosa e de fácil manipulação e composição com outros indicadores, por se tratar de um valor numérico absoluto, sendo um método

também utilizado por outros autores, como Fontoynt et al. (2016). Segundo Fontoynt (2016) essa escolha pode ser justificada por ser uma abordagem simplificada que utiliza fatores de luz do dia em condições padronizadas para tipos de céus, de acordo com o CIE.

3. RESULTADOS

3.1 Coeficiente de luz natural no ambiente interno

A janela tipo 1 (gráf. 1) marca picos de entrada de luz natural na parte da manhã (9h00h) nos meses de fevereiro, março e abril, e novamente nos meses de agosto e setembro, ilustrando a entrada maior de luz natural nos equinócios quando o sol fica mais próximo da terra e a altitude solar varia entre 20 e 40 graus.

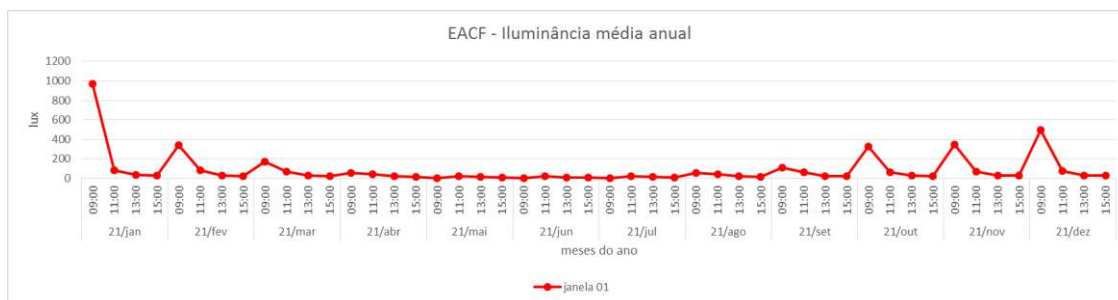


Gráfico 1. Iluminância média anual da EACF em 4 horários do dia referente à janela tipo 1.

A janela tipo 2 (gráf. 2) apresenta uma variável inexpressiva em quantitativo de luz na iluminância natural no ambiente interno anualmente. No gráfico podem ser visualizados valores entre 0 e 8lux, contudo, o comportamento da luz ocorre da mesma maneira que nas demais aberturas, com um nível maior no inverno e menor no verão. O posicionamento da superfície de trabalho acima da janela influencia diretamente nos baixos valores de cálculo.

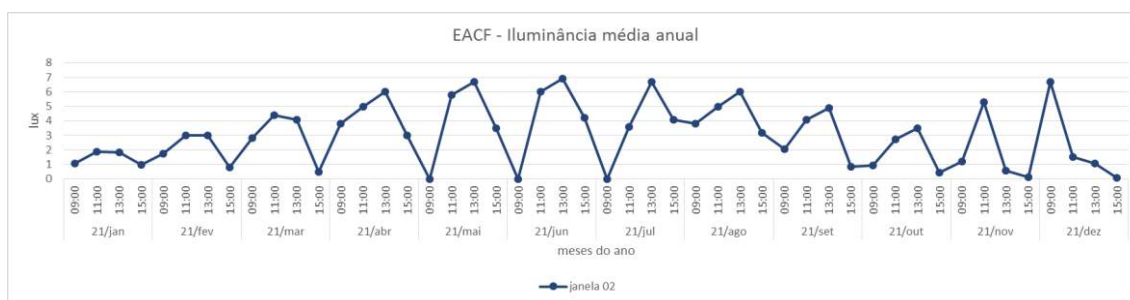


Gráfico 2. Iluminância média anual na EACF em 4 horários do dia referente à janela tipo 2.

A janela tipo 03 (gráf. 3) apresenta um gráfico constante, com apenas 2 picos de luz natural em fevereiro e setembro, que denotam o momento de entrada da luz direta do raio solar na abertura. Nos outros momentos a curva anual configura-se constante e com valores médios de 90lux, uma iluminação suficiente para circulação, identificação do espaço, e a possibilidade de desenvolvimentos de atividades de não-leitura.

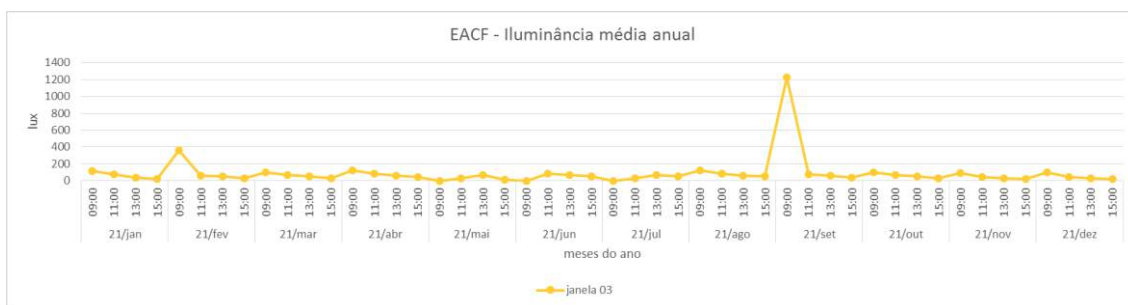


Gráfico 3. Iluminância média anual na EACF em 4 horários do dia referente à janela tipo 3.

A janela tipo 04 (gráf. 4) apresenta repetidos picos de luz distribuídos ao longo do período da manhã (às 9h00h) devido à orientação da fachada. Os resultados apontam valores médios mais baixo que a janela 3, justificados por sua localização elevada na fachada.

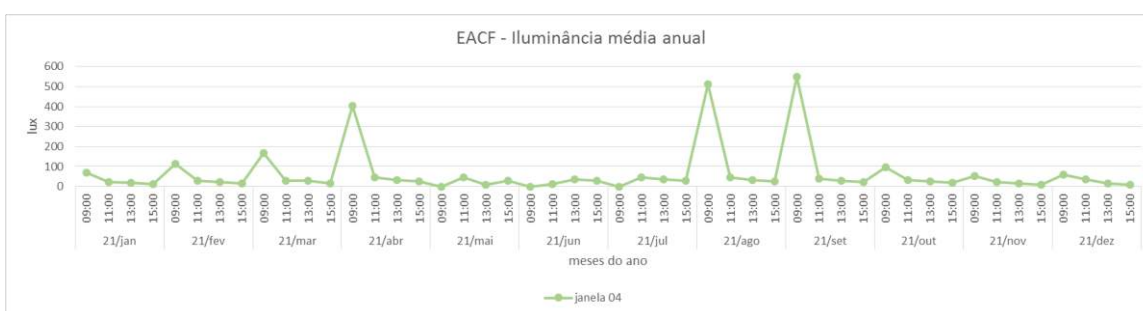


Gráfico 4. Iluminância média anual da EACF em 4 horários do dia referente à janela tipo 4.

Com a visão geral das 4 janelas (gráf. 5) e seu respectivo potencial de entrada de luz natural, é possível afirmar que a fachada leste permite a entrada de luz solar direta em diferentes períodos do ano dependendo da escolha da abertura. Esta compilação de todas as curvas e de todas as janelas, representa uma linha complexa de valores, que são diretamente influenciados e mascarados pelos picos de iluminação quando da entrada da luz solar direta pelas aberturas testadas.

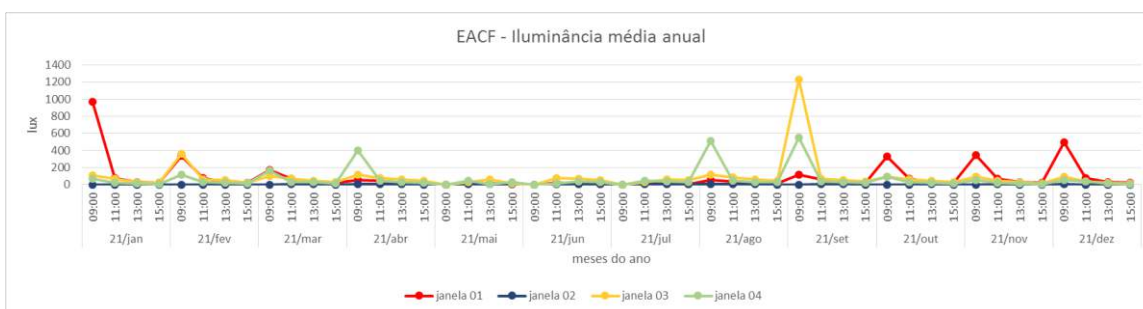


Gráfico 05. Iluminância média anual da EACF em 4 horários do dia referente a todas as janelas.

Por outro lado, a visualização da trajetória solar durante todo o ano nas 4 possibilidades de janela apresenta a vulnerabilidade do espaço em referência à iluminação natural. Isso significa que estas aberturas, mesmo que contendo a mesma área, proporcionam diferentes situações lumínicas no espaço interno, enfatizando assim a importância dos estudos aprofundados desta escolha.

Os resultados do gráfico 6, demonstram a performance da entrada de luz natural no ambiente e seu comportamento nas 4 estações do ano. São representadas as mesmas informações dos gráficos anuais anteriores, porém com a simulação realizada no horário de

13h00h apenas. Essa escolha ocorreu por ele ser o horário que mais se aproxima com a iluminância média no ambiente e por não apresentar picos de iluminação, que poderiam distorcer a curva representativa.

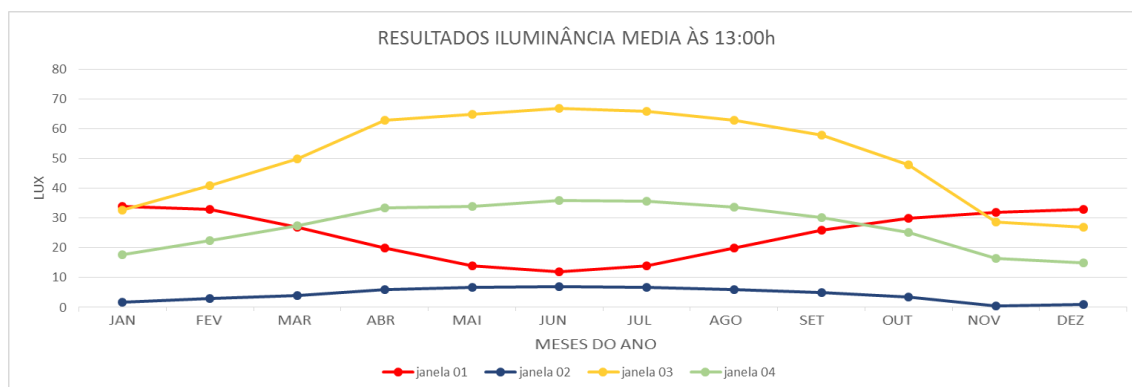


Gráfico 06. Iluminância média do ambiente interno às 13h00.

A janela tipo 01 se comporta de forma inversa de todas as outras janelas. Enquanto no verão ela permite a entrada de maior quantidade de luz, no inverno, quando o sol está posicionado com altitudes mais baixas, o índice de iluminância dentro do ambiente verificado reduz de forma significativa e funciona inversamente proporcional à janela 03. O mínimo atingido ocorre no mês de junho com uma média de apenas 12lux. Após a passagem do solstício de inverno a iluminância aumenta de forma suave com a mudança dos meses.

A janela tipo 02 apresenta valores de iluminância médios baixos e apenas uma pequena variação da entrada de luz natural nas diferentes estações do ano. Esse resultado ocorre devido a janela estar localizada abaixo do plano de trabalho estabelecido, resultando em valores de iluminância não significativos.

Pode-se afirmar que dentro das condições estabelecidas, a janela tipo 03 foi a que obteve o melhor resultado, pois apresentou o maior fator de desempenho durante o inverno, além de ter obtido o valor de 67lux médios durante o solstício. Esse valor representa a quantidade de luz suficiente para circulação e identificação dos objetos internamente e até valores apropriados ao lazer e relaxamento com alguma atividade (ABNT NBR 8.955-1). Ressalta-se que o inverno é um período que apresenta dias com pouca luminosidade devido à baixa altitude solar e por receber luz natural por apenas 3 horas, portanto, esse resultado apresenta uma grande melhora se comparado às demais aberturas.

A janela de tipo 04 apresenta uma performance semelhante à janela de tipo 03, porém, por estar mais distante do plano de trabalho, a quantidade de lux recebida torna-se menor. Nota-se que os valores se modificam conforme a estação do ano, semelhantemente ao comportamento das janelas tipo 02 e 03.

3.2 Distribuição da luz natural

Os gráficos 6, 7, 8 e 9, respectivamente, representam a seção transversal do ambiente segundo os diferentes tipos de janela, demonstrando o comportamento da distribuição da entrada de luz natural em cada um deles. As variações de luz direta e indireta estão representadas nas cores cinza claro e cinza escuro, respectivamente.

Nota-se que a janela de tipo 01 (gráfico 6) apresentou um índice relevante de luz natural próximo à abertura e, a partir de 1m de distância, a iluminação natural fica abaixo de 40 lux,

contando apenas com uma curva decrescente de luz direta com índices inexpressivos após 2m de distância da janela. Neste caso há também pouca luz indireta, assim, as superfícies externas e internas que geram reflexão representam pouca relação com a performance da entrada e distribuição da luz natural na superfície de trabalho do ambiente.

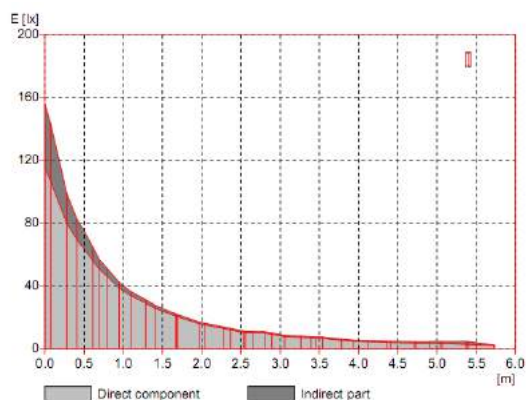


Gráfico 6: Seção transversal do ambiente x fator de luz do dia (FLD) para a janela Tipo 01- vertical.

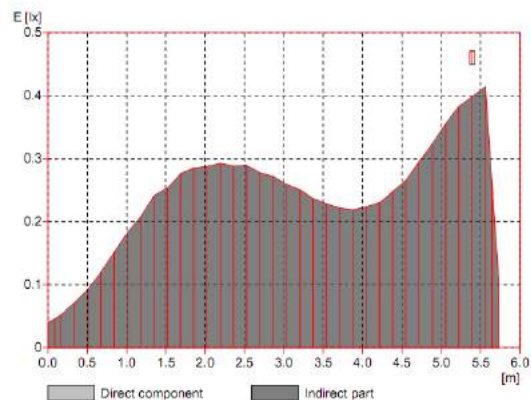


Gráfico 7: Seção transversal do ambiente x Fator de Luz do Dia (FLD) para a janela Tipo 02 -horizontal localizada na parte inferior da fachada

No gráfico 7, apesar dos índices próximos à abertura serem menores em comparação ao gráfico 6, a porção de luz indireta recebida das reflexões tanto das superfícies externas como internas foi superior e com maior influência na distribuição da luz natural no interior do ambiente, elevando o índice de distribuição nas áreas mais distantes da abertura. Vale ressaltar que os baixos valores de iluminância deste gráfico estão diretamente relacionados com o posicionamento da abertura abaixo do plano de trabalho.

O gráfico 8, referente à janela tipo 03, demonstra que essa abertura permite uma boa distribuição lumínica no interior do ambiente. A suave curva, mesmo que decrescente, denota ao espaço um bom nível de iluminância, atingindo valores em lux bem superiores às outras aberturas (ver eixo y dos gráficos). Assim, o fator de luz diurna direta apresentou-se superior em comparação aos outros tipos, influenciando diretamente na quantidade de luz recebida no ambiente.

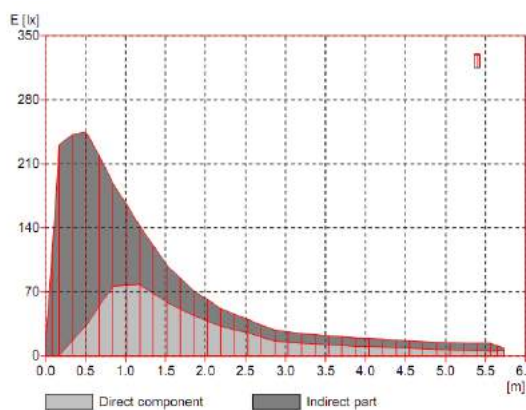


Gráfico 8: Seção transversal do ambiente x Fator de Luz do Dia (FLD) para a janela Tipo 03 -horizontal peitoril de 1,1m.

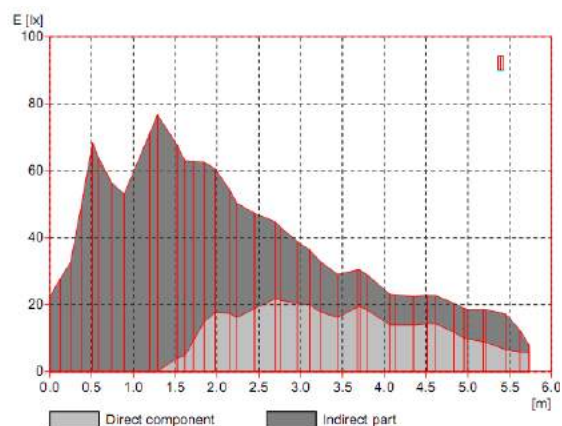


Gráfico 9: Seção transversal do ambiente x Fator de Luz do Dia (FLD) para a janela Tipo 04 -horizontal posicionada na parte superior do ambiente.

A janela tipo 04 representada no gráfico 9 distribui a luz natural para o fundo do ambiente interno mantendo um valor de 20 lux até 5,5m de profundidade. O espaço se beneficia de luz indireta refletida das próprias superfícies internas. Com a análise do gráfico é possível afirmar que apesar de apresentar valores baixos, a quantidade de lux recebida é bem distribuída.

4. CONCLUSÃO

Nota-se que as 3 tipologias de janelas com forma horizontal apresentam dados mais eficientes para a situação geográfica da Antártica visto que elas permitem uma maior entrada de luz natural por mais tempo do dia. O gráfico 6, nos resultados, demonstra essa característica e denota a este tipo de abertura o fator de compensação entre a ausência de luz no inverno e a luz abundante do verão. Através dessa comparação é possível atribuir o comportamento da luz à geometria e proporção da janela. Como consequência da abertura se posicionar ao longo do ambiente, ela permite a entrada da luz natural priorizando as altitudes mais baixas, que, como já citado, é uma característica fundamental da Antártica.

Escolher aberturas que favorecem e controlem a entrada de luz natural por um período de tempo maior é fator fundamental no processo de projeto. Permitir uma maior relação entre o ambiente exterior e o interior auxilia na redução das tensões comuns em áreas inóspitas, especialmente na Península Keller, cujo usufruto da paisagem exuberante é privilégio de poucos.

REFERÊNCIAS

- Acosta, I., Campano M.A., Molina J. F. "Window Design in Architecture: Analysis of Energy Savings for Lighting and Visual Comfort in Residential Spaces." *Applied Energy*, Sevilla, v. 168, p. 493–506. 2016.
- Alvarez, C. E. de. *Arquitetura na Antártica: ênfase nas edificações brasileiras em madeira*. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAU/USP), São Paulo, 1995.
- CIE S011, 2003. International Commission of Illumination. Disponível em: <<http://www.cie.co.at/index.php/Publications>>. Acesso em: 24/02/2016
- Fontoynt, M., Ramanarivo K., Soreze T., Fernez G., Skov K. G. "Economic Feasibility of Maximising Daylighting of a Standard Office Building with Efficient Electric Lighting." *Energy and Buildings*, Kobenhavn, v. 110, p. 435–442. 2016.
- Lima K.M. & Caram R.M. "Avaliação de sistemas de janela para suporte a decisões de projeto quanto ao equilíbrio de ganhos de luz e calor". *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 15, n. 3, p. 117 – 113. 2015.
- Maamari F., Fontoynt M., Adra M. "Application of the CIE test to assess the accuracy of lighting computer programs". *Energy and Buildings*, Vaulx-en-Velin Cedex, v. 38, p. 869-877. 2006.
- Mangkuto, R. A., Mardiyah R., Asri A.D. "Design Optimisation for Window Size, Orientation, and Wall Reflectance with Regard to Various Daylight Metrics and Lighting Energy Demand: A Case Study of Buildings in the Tropics." *Applied Energy*, Bandung, v. 164, p. 211–219. 2016.
- Montarroyos, D. C. G. *Indicadores de sustentabilidade para edificações na Antártica*. 2015. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2015.



Análise da aplicação de materiais de mudança de fase para armazenamento de energia em edifícios Portugueses

José Pinheiro

*Universidade do Minho, Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Civil, Guimarães, Portugal
A61818@alunos.uminho.pt*

Catarina Araújo

*Universidade do Minho, Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Civil, Guimarães, Portugal
cba@civil.uminho.pt*

Luís Bragança

*Universidade do Minho, Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Civil, Guimarães, Portugal
braganca@civil.uminho.pt*

ABSTRACT: O consumo e a produção de energia está associado a impactes ambientais muito elevados. O setor dos edifícios é um dos que mais contribui para estes impactes. Isto deve-se em parte à existência de padrões de conforto cada vez mais exigentes e a um elevado ritmo de crescimento da população. O consumo de energia nos edifícios residenciais está maioritariamente associado ao aquecimento e arrefecimento do ambiente interior, de forma a obter maior conforto térmico dos ocupantes. Uma solução para reduzir estes consumos é a implementação de tecnologias e materiais de mudança de fase para armazenamento de energia térmica de forma a obter o maior rendimento económico e conforto térmico. O número de estudos sobre esta temática tem aumentando ao longo dos anos, demonstrando os benefícios deste tipo de tecnologias. Desta forma, o principal objetivo deste estudo passa pelo estudo de tecnologias construtivas com incorporação de materiais de mudança de fase para armazenamento de energia em edifícios. Os estudos a este nível permitiram concluir que a utilização deste tipo de materiais nos edifícios tem grande potencial de poupança energética. Permitiram ainda verificar que a viabilidade económica deste tipo de soluções em Portugal é ainda limitada dado ao custo inicial dos PCMs.

Keywords *Materiais de mudança de fase, Energia, Sustentabilidade.*

1. INTRODUÇÃO

A energia é uma fonte fundamental para o desenvolvimento das sociedades, pela qual o ser humano se tornou dependente. Caso não existissem recursos energéticos seria impossível para o ser humano desfrutar o estilo de vida que tem vindo a desenvolver ao longo do tempo (Rodrigues 2011).

O setor dos edifícios contribui para 30% das emissões anuais de Gases de Efeito Estufa e consome cerca de 40% da energia (EU, 2010). Contudo, os edifícios existentes representam também um potencial de poupança energético muito grande, uma vez que o seu desempenho se encontra frequentemente abaixo dos níveis de eficiência possíveis. O consumo de energia nos edifícios pode ser reduzidos entre 30% a 80% através de tecnologias comercialmente disponíveis (UNEP, 2016).

Cada vez mais há que ter em conta o aumento da escassez de fontes de energia em Portugal, sendo grande parte da energia em falta importada. Em 2010, segundo a DGEG (Direção Geral de Energia e Geologia), a dependência de Portugal em termos de importação de energia foi de 77% (ADENE 2012).

A eficiência energética é definida como a otimização do consumo de energia e baseia-se na implementação de medidas e estratégias de forma a combater os desperdícios de energia ao longo de todo o processo de transformação, acompanhando todo o seu processo de produção e distribuição de energia. Para inverter as tendências dos consumos energéticos excessivos e inconscientes, existe um grande caminho a percorrer pela humanidade, sendo cada atitude individual, um passo importante para a mudança global (Rodrigues 2011).

O consumo de energia nas habitações está maioritariamente associado ao aquecimento e arrefecimento das mesmas, de forma a obter o maior conforto térmico dos ocupantes. Uma solução para reduzir estes consumos é a implementação de tecnologias e materiais de mudança de fase para armazenamento de energia térmica de forma a obter o maior rendimento económico e conforto térmico.

O armazenamento de energia térmica é um método de conservação temporária de energia para utilização futura. Em edifícios habitacionais esta energia pode ser utilizada para climatização de espaços de forma passiva ou em sistemas ativos. Pode atender assim a muitos setores como o comercial, o industrial e o habitacional. O armazenamento de energia térmica pode ser efetuado através de aquecimento ou arrefecimento de uma substância (armazenamento de calor sensível) ou através do processo de mudança de fase (armazenamento de calor latente) (Costa 2014).

No armazenamento de energia por calor latente, utiliza-se o material de mudança de fase que absorve e armazena energia calorífica ambiente, quando este transita do estado sólido para o estado líquido, o que só acontece quando a temperatura que o rodeia é superior ao ponto de fusão do material. Em seguida, este liberta a energia anteriormente armazenada quando transita do estado líquido para o estado sólido, ou seja, quando a temperatura que o rodeia é inferior ao ponto de solidificação do PCM (Phase Change Material) (Cunha et al. 2012).

O processo de armazenamento de energia dos materiais de mudança de fase é esquematicamente apresentado na Figura 1.

Como Funciona:

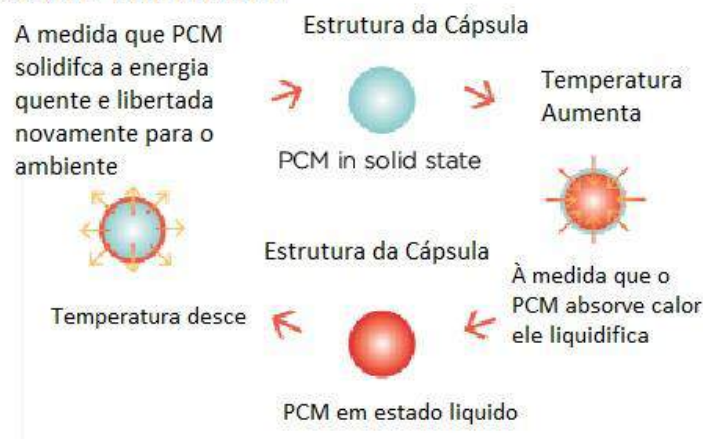


Figura 1. Processo de mudança de fase (Homebuilding&Renovating 2016).

O armazenamento de energia por calor latente tem sido visto como uma técnica promissora, do ponto de vista económico e da eficiência energética. Esta técnica utiliza materiais de mudança de fase, demonstrando vantagens como um comportamento de temperatura constante durante a mudança de fase que se deve à sua elevada densidade de armazenamento. Dessa forma, em comparação com a transferência de calor sensível, o calor latente permite uma taxa de transferência de calor mais elevada (Merlin et al. 2016).

Diversos estudos (Monteiro et al. 2005, 2007; Silva 2009; Silva et al. 2008; Waqas et al. 2016) têm sido realizados no sentido de desenvolver tecnologias com incorporação de materiais de mudança de fase em situações de armazenamento ativo ou passivo. As situações de armazenamento ativo de energia estão associadas ao uso de elementos separados termicamente do edifício, não funcionando passivamente, como é o caso dos coletores solares térmicos, por exemplo (Tyagi & Buddhi 2007).

O número de estudos sobre esta temática tem aumentando ao longo dos anos devido aos seus benefícios em sistemas de energia (Monteiro et al. 2005, 2007; Silva 2009; Silva et al. 2008; Waqas et al. 2016). O presente estudo irá se focar no armazenamento de energia térmica por calor latente, em tecnologias ativas e passivas através de materiais de mudança de fase.

2. SISTEMAS PASSIVOS

Os sistemas passivos têm como objetivo cooperar no aquecimento ou arrefecimento dos edifícios diminuindo assim o consumo de energia com sistemas de climatização (Durães 2013). Nestes sistemas a energia é captada pelos materiais que integram o edifício e flui por meios naturais por radiação e convecção.

No presente artigo serão mencionados estudos que pretenderam analisar a percentagem de PCMs a incorporar em soluções construtivas e estudos que se focaram em estudar a viabilidade da implementação de tecnologias construtivas com PCMs.

2.1 Análise da percentagem de PCMs adequada

No âmbito de argamassas com incorporação de materiais de mudança de fase Cunha et al. (2012, 2013) estudaram a caracterização de argamassas aditivadas com dois materiais de mudança de fase diferentes e Monteiro et al. (2005, 2007) desenvolveram um estudo de uma nova tecnologia para ser utilizada nos espaços interiores das construções, no domínio da técnica de aplicação de argamassas.

Cunha et al. (2012, 2013) na sua investigação estudaram as propriedades específicas de diferentes PCMs, tais como granulometria, forma e entalpia, assim como, as propriedades no estado fresco e endurecido das argamassas aditivadas com dois PCM distintos. Através da análise de diferentes ensaios concluíram que a argamassa com incorporação de 60% de cal aérea, 40% de gesso e 20% de PCM, se revelou a mais interessante para ambos os materiais de fase testados, tendo mostrado um excelente equilíbrio entre as suas características mecânicas e retração.

Monteiro et al. (2005, 2007) concluíram que a aplicação de uma percentagem de 25% de PCM na camada de acabamento final (massa de acabamento) utilizando a tecnologia de sistema de reboco multicamada, mantém as propriedades mecânicas das argamassas em níveis admissíveis e de um ponto de vista térmico é um fator benéfico, apresentando uma boa viabilidade económica.

Não foi possível aceder às características específicas dos materiais utilizados em ambos os estudos. Contudo, embora estes estudos tenham chegado a conclusões diferentes, ambos observaram que a incorporação de percentagens de PCMs superiores a 30%, conduzem a uma diminuição nas características mecânicas e na trabalhabilidade da mistura.

2.2 Análise da viabilidade de implementação de tecnologias com materiais de mudança de fase

Em Portugal têm vindo a ser desenvolvidos nos últimos anos alguns estudos (Cerdeira,2015; Oliveira,2012; Silva et al., 2008; Silva, 2009) focados em tecnologias construtivas com incorporação de materiais de mudança de fase. Nos pontos que se seguem serão apresentados quatro exemplos. Estes estudos pretenderam analisar as vantagens da aplicação destes materiais em território português, sendo que os dois primeiros o fizeram através de simulação dinâmica e os dois últimos através de um programa experimental.

2.2.1 Análise da implementação de materiais de mudança de fase através de programas de simulação dinâmica

Em Portugal Durães (2013) e Oliveira (2012) estudaram a implementação de PCM em edifícios adequados ao clima Português, com o auxílio do programa de simulação dinâmica, *EnergyPlus*. Durães (2013) estudou a sua implementação em Lisboa enquanto que Oliveira (2012) estudou para a cidade do Porto.

Oliveira (2012) estudou o PCM que melhor se adequa ao clima da cidade do Porto, realizando o estudo em duas fases para atingir os seus objetivos. Numa primeira fase recorreu à simulação dinâmica de várias soluções construtivas correntes com a inclusão de alguns tipos de PCMs comercializados, de forma a poder concluir qual a solução construtiva que melhor se comporta. Numa segunda fase depois de encontrado o PCM com melhor

comportamento térmico, estudou os consumos energéticos num edifício unifamiliar com o uso desse PCM.

Durães (2013) estudou o tipo, quantidade e o local de aplicação de PCM mais adequado ao clima Português na zona de Lisboa, com o objetivo de reduzir o consumo de energia. Para este estudo Durães utilizou o programa de simulação dinâmica de necessidades energéticas de edifícios *EnergyPlus*. Os materiais para os quais conseguiu obter os dados necessários à realização da simulação foram o Delta Cool 24 e as Placas de Gesso Cartonado Alba® Balance. As simulações efetuadas durante um ano foram posteriormente comparadas para três dias distintos: dia mais quente; dia com temperaturas internas dentro da gama de temperaturas de fusão dos PCM em análise; e dia mais frio.

Na 1ª fase de simulação Oliveira (2012) previu que a melhor opção seria uma camada, em parede e teto do edifício com PCM Delta-Cool® 24, usando uma solução construtiva para paredes exteriores de tijolo simples com isolamento térmico pelo exterior. Esta escolha foi motivada pelo facto de o custo de construção desta solução ser inferior a outras soluções com desempenhos térmicos ligeiramente superiores.

Durães (2013) analisou, numa primeira fase um edifício com geometria simplificada, com o objetivo de conhecer o tipo, a quantidade e o local de aplicação de PCM. Foi concluído que o PCM que apresenta melhor funcionamento é do tipo macroencapsulado Delta Cool 24 aplicado na caixa-de-ar das paredes e cobertura. Para esta situação é possível aumentar no período noturno dos dias da estação de aquecimento mais comuns cerca de 0,6°C e nos dias mais quentes reduzir a temperatura nas horas de pico de calor em cerca de 0,6°C. Nos dias mais frios esta solução torna-se desvantajosa, visto que reduz a temperatura interior durante o período diurno, mas em contrapartida aumenta no período noturno, quando há uma ocupação frequente.

Numa primeira fase da simulações tanto Oliveira (2012) como Durães (2013) concluíram que o PCM que melhor se comporta é o Delta Cool 24.

Numa segunda fase de simulação Oliveira (2012) recorreu ao uso da melhor solução construtiva escolhida na 1ª fase de simulação, simulando esta solução num edifício unifamiliar, de tipologia T2. Colocou no edifício PCM apenas nos compartimentos com mais ganhos solares (nas divisões com os vãos envidraçados orientados a sul), resultando em temperaturas interiores mais elevadas e, por consequência, um melhor desempenho por parte do PCM.

Durães (2013) numa segunda fase aplicou a um edifício de habitação unifamiliar, com um sistema de climatização com 100% de eficiência, a solução que apresentou melhores resultados na fase anterior. Assim, para comparar as necessidades energéticas de aquecimento e arrefecimento do edifício simulou o edifício com e sem PCM.

Oliveira (2012) não obteve os resultados esperados, concluindo que nas condições em que o PCM foi usado consegue-se uma poupança energética no Inverno, para os dias mais frios, mas em contrapartida é observado um gasto energético mais elevado no Verão, em relação às mesmas situações em que o estudo se integra, sem PCM.

No entanto Durães (2013) concluiu que a aplicação de PCM é vantajosa na estação de arrefecimento, mas desvantajosa na estação de aquecimento. A inclusão de PCM nas soluções construtivas aumenta as necessidades energéticas de aquecimento, pois parte da

energia fornecida pelo sistema de climatização é absorvida pelo PCM. Isto conduz a um aumento com os custos de climatização de forma a manter a temperatura interior definida no sistema de climatização. Tendo em conta os benefícios obtidos quando aplicados Delta Cool 24 de forma passiva, Durães concluiu que o custo deste material é ainda elevado. O investimento da aquisição do material para um edifício localizado em Lisboa não pôde ser recuperado uma vez que as necessidades energéticas anuais aumentaram.

Oliveira (2012) e Durães (2013) obtiveram conclusões diferentes, Oliveira (2012) com a implementação de PCM num edifício na cidade do Porto obteve uma poupança energética no Inverno para os dias mais frios, enquanto que Durães (2013) com a implementação de PCM num edifício em Lisboa obteve vantagens na estação de arrefecimento. Uma vez que o território Nacional apresenta diferentes climas deveria ser estudado em diferentes zonas do País a sua implementação, como também a utilização de outras soluções construtivas com diferentes tipos de PCM.

2.2.2 Análise da implementação de materiais de mudança de fase através de uma aplicação prática

Silva et al. (2009; 2008) e Cerdeira (2015) fizeram uma análise da implementação de PCMs através de um programa experimental.

Silva et al. (2009; 2008) estudaram a influência da utilização de PCM na construção. Estudando em particular a incorporação de PCM microencapsulado em pastas de gesso com desempenho térmico melhorado para revestimento interior de paredes e tetos no ambiente interior de edifícios habitacionais, de forma a obter uma diminuição do consumo de energia e a sua quantificação. Os objetivos do estudo consistiram-se na avaliação do comportamento mecânico e térmico do material por comparação com pastas de gesso convencionais.

Cerdeira (2015) estudou um sistema solar passivo aplicado em fachadas com parede de trombe, a qual constitui uma tecnologia construtiva que permite a diminuição dos consumos energéticos dos edifícios. Avaliou, o efeito da incorporação de PCM's, nomeadamente um PCM à base de Parafina e outro à base de Octadecano.

O programa experimental de Silva et al. (2009; 2008) foi planeado para a avaliação das propriedades mecânicas e térmicas do material, através da realização de ensaios em laboratório na Universidade do Minho, em células de teste e em obra.

No entanto o trabalho experimental de Cerdeira (2015) consistiu no desenvolvimento de projeto, da construção, da instrumentação e monitorização de seis modelos de teste, onde 4 modelos demonstram o sistema construtivo de uma fachada com parede de trombe. Foram aplicados vários materiais distintos: uns em argamassa cimentícia tradicional, dois foram incorporados com PCM's e um com granito. No quinto modelo substituiu a parede de trombe por uma fachada de acrílico e no sexto por uma fachada cimentícia, servindo o último modelo para comparação e validação dos resultados.

Em células de teste, Silva et al. (2009; 2008) verificou uma redução de temperatura máxima em cerca de 5° atingida 3 horas mais tarde e um aumento da temperatura mínima de cerca de 1.5°C atingida 2 horas mais tarde. Na estrutura de um edifício, o método de incorporação de PCM e o seu local de suporte, a forma mais favorável parece ser a utilização de placas de gesso cartonado e argamassa de revestimento. O teor de incorporação, dimensão e localização dependem do clima e das características arquitetónicas, sendo a otimização

destes parâmetros fundamentais para uma aplicação bem sucedida. A solução mais viável aparenta ser o microencapsulamento. Este estudo conclui que a utilização de PCM nos edifícios apresenta vantagens tanto na humidade relativa como a nível das temperaturas interiores.

Nos ensaios de aderência e de compressão, Cerdeira (2015) concluiu que nas argamassas com adição de PCM a resistência reduz 50 % comparativamente com as argamassas cimentícias tradicionais. Este autor concluiu que a parede de granito de cor preta tem mais rendimento em relação à parede de granito de cor cinzenta, pois as temperaturas atingidas são de maior conforto, assim com todos os modelos de cor escura. Verificou que o sistema mais vantajoso é o ventilado, porque permite um maior conforto térmico quer durante o dia quer durante a noite, pois permite a troca de ar entre o sistema construtivo e o espaço interior dos modelos de teste. Cerdeira (2015) concluiu relativamente à condutibilidade térmica que os modelos com parede de trombe em granito e com parede de trombe em PCM – Parafina apresentam valores bastantes interessantes pois apresentam uma condutividade térmica mais baixa que os restantes modelos, o que demonstra que o granito e o PCM – Parafina não permitem dissipação da energia no interior dos edifícios.

Tanto Cerdeira (2015) como Silva et al. (2009; 2008) encontraram vantagens na utilização de PCM, mas uma vez que o seu estudo foi experimental não obtiveram dados de algumas estações do ano, ou seja, o seu estudo é limitado para um certo período de tempo. A realização de uma simulação do modelo experimental permitiria obter conclusões mais abrangentes em ambos os estudos.

3. SISTEMAS ATIVOS

Os sistemas ativos têm como objetivo aumentar a eficiência dos sistemas de climatização e consecutivamente reduzir o consumo de energia (Durães 2013). Nestes sistemas a energia é captada ou transportada por equipamentos que utilizam energia auxiliar (Durães 2013). No âmbito desta temática têm sido desenvolvidos vários estudos (Evola et al. 2014; Hed & Bellander 2006; Waqas et al. 2016).

Waqas et al. (2016) e Hed & Bellander (2006) estudaram o arrefecimento gratuito em edifícios através da implementação de materiais de mudança de fase em que estes se encontram em contacto direto com o ar. Waqas et al. (2016) estudaram experimentalmente enquanto que Hed & Bellander (2006) estudaram por simulação dinâmica.

Com o uso de materiais de mudança de fase integrados num edifício em placas encapsuladas, localizado no teto, Hed & Bellander (2006) concluíram que o coeficiente de transmissão térmica entre o ar e o PCM aumenta significativamente quando a superfície é rugosa comparada a uma superfície polida (sendo válido para a grossura de 0.02m). O coeficiente de transmissão térmica para uma velocidade do ar de 4 m/s varia entre 13-30 W/m².°C.

Waqas et al. (2016) investigaram o uso de uma unidade de armazenamento de energia no sistema de ventilação dos edifícios, em climas quentes e frio. Experimentalmente foi investigada a influência da temperatura e circulação do ar nas tubagens de acumulação de frio com PCMs (Waqas et al. 2016). Através de resultados experimentais Waqas et al. (2016)

concluíram que o PCM pode ser usado para manter a temperatura do ar quente entre certos limites durante o dia, através da libertação do ar armazenado no PCM durante a noite.

Para seis cidades Europeias Arkar (2008) estudou o potencial de um dispositivo de arrefecimento natural incorporando PCM num sistema de ventilação mecânica. Arkar (2008) concluiu que para uma taxa de três renovações de ar durante o período noturno, a temperatura de fusão ótima era de 2 °C acima da média das temperaturas ambiente dos três meses de Verão (Junho a Agosto), ou aproximadamente igual à temperatura ambiente média do mês mais quente. A razão ótima entre a massa de PCM e o fluxo de ar que passa através do sistema foi determinada em 1-1.15 Kg/m³/h.

Evola et al. (2014), através de um caso de estudo, investigaram um melhoramento do conforto térmico dos edifícios, durante a estação de Verão, e identificaram a distribuição de temperaturas ao longo do sistema de ventilação. Neste caso foi utilizado um PCM encapsuladas em contacto direto com as paredes divisórias. Através de simulação numérica Evola et al. (2014) concluíram que o sistema permitia obter uma redução da temperatura operacional média de um compartimento em Julho em cerca de 0.4 °C. Na maior parte do tempo as condições de conforto foram controladas, e as sensações de desconforto menos intensas.

Em Espanha Gracia et al. (2014) efetuaram uma avaliação e estudo do ciclo de vida (LCA) baseado no Ecolndicador 99 de uma fachada ventilada com PCM na sua câmara-de-ar. Em Puigverd de Lleida (Espanha) foram construídos experimentalmente dois cubículos, com e sem o sistema de fachada ventilada. As diferenças de consumos de energia dos sistemas AVAC foram registadas e utilizadas para determinar as poupanças ambientais durante a fase operacional de cada edifício. A utilização deste sistema levou a uma redução significativa do consumo de energia elétrica do sistema de climatização tanto para aquecimento como para arrefecimento. Estas reduções do consumo energético produzem poupanças económicas e ambientais durante a fase operacional. Os resultados do LCA mostraram que, considerando uma vida útil de 50 anos, a utilização desta fachada ventilada, reduz em 7.7% o impacto ambiental global de todo o edifício. O retorno ambiental deste sistema ativo é significativamente mais baixo que os outros que utilizam PCM. O retorno ambiental do sistema é de 30 anos, que pode ser reduzido em 6 anos, se em vez de aço for utilizada madeira na estrutura.

A utilização dos sistemas passivos com incorporação de PCM's num edifício nem sempre se adequam bem a climas extremos (Iten et al. 2016). Nestas situações os métodos ativos podem ser adotados para permitir poupanças energéticas (Iten et al. 2016).

4. CONCLUSÃO

Neste artigo pretendeu-se apresentar uma visão geral do estado da arte ao nível dos materiais de mudança de fase na atualidade.

Os estudos já realizados a este nível permitem concluir que a utilização deste tipo de material nos edifícios que através de sistemas ativos quer passivos tem um grande potencial de poupança energética. Contudo, verificou-se também que a viabilidade económica deste tipo de soluções em Portugal é ainda limitada dado o custo inicial dos PCMs. Este facto pode ser justificado pela baixa aplicação (baixa procura) destes materiais em Portugal.

Por outro lado, os estudos efetuados ainda não cobrem grande parte do território Português pelo que o desenvolvimento de estudos deste tipo para outros pontos do país é de extrema relevância.

5. AGRADECIMENTO

Este trabalho insere-se no contexto das atividades de investigação desenvolvidas no âmbito da rede URBENERE, apoiada pelo CYTED “Programa iberoamericano da Ciencia y Tecnologia para el Desarrollo”.

REFERÊNCIAS

- ADENE. 2012. “*Guia Da Eficiência Energética.*” Retrieved June 9, 2016. (http://www.adene.pt/sites/default/files/guiaee_v1310.pdf /).
- Arkar, Ciril. 2008. “*Correlation between the Local Climate and the Free-Cooling Potential of Latent Heat Storage.*” 40:429–37.
- Cerdeira, Sónia. 2015. “*ESTUDO DE UM SISTEMA SOLAR PASSIVO COM INCORPORAÇÃO DE PCM'S.*” Instituto Politécnico de Bragança - Escola Superior de Tecnologia e Gestão.
- Costa, Susana. 2014. “*Armazenamento de Energia Térmica Através de Materiais de Mudança de Fase.*” Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Cunha, Sandra, Aguiar, José, Kheradmand, Mohammad, Bragança, Luís, Ferreira, Vitor. “Thermal mortars with incorporation of PCM microcapsules”. *Restoration of Buildings and Monuments - An International Journal*, Vol. 19, No. 2/3, pp: 171-177, 2013. <http://hdl.handle.net/1822/26200>
- Cunha, Sandra, Aguiar, José, Martins, Vânia, Ferreira, Vitor, and António Tadeu. 2012. “Influência Da Adição de Microcápsulas de PCM Em Argamassas de Cal Aérea.” *Congresso Construção 2012*, Coimbra Portugal.
- Durães, Tiago. 2013. “*Identificação Do Tipo E Quantidade de PCM Adequado Ao Clima Português - Lisboa.*” Universidade do Minho.
- EU, 2010. Directive 31/2010/EU of 19 May 2010 on the energy performance of buildings E. Parliament, ed.
- Evola, G., L. Marletta, and F. Sicurella. 2014. “Simulation of a Ventilated Cavity to Enhance the Effectiveness of PCM Wallboards for Summer Thermal Comfort in Buildings.” *Energy & Buildings* 70:480–89. Retrieved (<http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.11.089>).
- Gracia, Alvaro De, Lidia Navarro, Albert Castell, Dieter Boer, and Luisa F. Cabeza. 2014. “ScienceDirect Life Cycle Assessment of a Ventilated Facade with PCM in Its Air Chamber.” *Solar Energy* 104:115–23. Retrieved (<http://dx.doi.org/10.1016/j.solener.2013.07.023>).
- Hed, G. and R. Bellander. 2006. “*Mathematical Modelling of PCM Air Heat Exchanger.*” 38:82–89.
- Homebuilding&Renovating. 2016. “*Homebuilding&Renovating - Phase Change Materials.*” Retrieved June 9, 2016 (<https://www.homebuilding.co.uk/phase-change-materials/>).
- Iten, Muriel, Shuli Liu, and Ashish Shukla. 2016. “A Review on the Air-PCM-TES Application for Free Cooling and Heating in the Buildings.” *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 61:175–86. Retrieved (<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.03.007>).
- Merlin, Kevin, Delaunay, Didier, Soto, Jérôme, and Traonvouez, Luc. 2016. “Heat Transfer Enhancement in Latent Heat Thermal Storage Systems : Comparative Study of Different Solutions and Thermal Contact Investigation between the Exchanger and the PCM.” *APPLIED ENERGY* 166:107–16. Retrieved (<http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.01.012>).
- Monteiro, José, Aguiar, José, Bragança, Luís, Gomes, Jaime, and Pedro Santos. 2005. “Argamassas Com Desempenho Térmico Melhorado Portugal Portugal Portugal Portugal Pedro Santos Micrópolis Portugal.” *Congresso Nacional de Argamassas de Construção.*
- Monteiro, José, Aguiar, José, Bragança, Luís and Gomes, Jaime, “*Argamassas incorporando microcápsulas de materiais de mudança de fase (PCM), seu processo de obtenção e sua utilização no revestimento interior de sistemas construtivos*”, Patent number: 103 336, 2007.
- Oliveira, Daniel. 2012. “*Identificação Do Tipo E Quantidade de PCM Adequado Ao Clima Português.*” Universidade do Minho.
- Rodrigues, Maria. 2011. “*Eficiência Energética No Setor Residencial.*” Faculdade de Ciências e

Tecnologia Universidade de Coimbra.

Silva, Nelson, Aguiar, José, Bragança, Luís, Freire, Teresa, Cardoso, Isabel; Properties of Gypsum-PCM Based Mortars for Interior Plastering of Construction Systems. Advanced Materials Forum IV, *Journal of Materials Science Forum*, Vols. 587-588, pp. 913-917, September 2008. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.587-588.913

Silva, Nelson. 2009. "Incorporação de Materiais de Mudança de Fase Em Materiais de Construção." Universidade do Minho.

Tyagi, Vineet Veer and Buddhi, D. ã. 2007. "PCM Thermal Storage in Buildings: A State of Art." 11:1146-66.

UNEP. 2016. United Nations Environment Programme environment for development - Why Buildings? Retrieved July 11, 2016, from <http://www.unep.org/sbci/AboutSBCI/Background.asp>

Waqas, A., S. Kumar, A. Waqas, and S. Kumar. 2016. "Utilization of Latent Heat Storage Unit for Comfort Ventilation of Buildings in Hot and Dry Climates COMFORT VENTILATION OF BUILDINGS IN HOT AND." 5075(June).



The Performance of Windows in Relation to the Amount of Daylight Availability

Indiara Maria Vieira Barbieri

Federal University of Espírito Santo, Planning and Project Laboratory, Vitória (ES), Brazil
indiara_mvb@hotmail.com

Andrea Coelho Laranja

Federal University of Espírito Santo, Planning and Project Laboratory, Vitória (ES), Brazil
andrea.laranja@ufes.br

Cristina Engel de Alvarez

Federal University of Espírito Santo, Planning and Project Laboratory, Vitória (ES), Brazil
cristina.engel@ufes.br

RESUMO: A iluminação natural é um importante item utilizado em projetos energeticamente eficientes. Além de proporcionar ambientes mais saudáveis e agradáveis para a permanência humana, o dimensionamento adequado das aberturas proporciona um melhor aproveitamento da iluminação natural, reduzindo o consumo de sistemas de iluminação artificiais. A presente pesquisa teve como objetivo investigar o comportamento da iluminação natural no ambiente interno em função da variação das aberturas, em específico as áreas das janelas. Através do software TropLux foram realizadas simulações computacionais, no qual, são estabelecidos pontos específicos dispostos no ambiente em estudo em horários e dias do ano pré-estabelecidos, sendo geradas médias anuais de iluminância e percentuais de horas do intervalo das UDI (Useful Daylight Illuminances). As simulações foram feitas em um ambiente de geometria retangular, na cidade de Vitória de latitude 20°19'S, utilizando tipos de céus padrões da CIE. Como principal resultado obtido constata-se que para todas as situações testadas, o aumento da área das janelas ocasiona o ganho da iluminação natural, ressaltando-se, porém, que há um limite entre o aumento das áreas de abertura e o ganho de iluminação natural. Verifica-se também que para todos os céus, o aumento das aberturas provoca uma elevação no percentual útil de iluminação no intervalo $500 \leq UDI \leq 2000$ (suficiente), e somente para o céu 7 (parcialmente nublado) esse aumento de abertura provoca uma significativa elevação no intervalo $UDI > 2000$ (excessivo), necessitando do uso de sombreadores solares.

Palavras-chave *iluminação natural, aberturas laterais, legislação edilícia.*

1. INTRODUÇÃO

A luz natural, ao proporcionar melhores condições de iluminação interna, promove ambientes mais saudáveis e agradáveis para a permanência humana, além de reduzir o consumo de energia elétrica com os sistemas de iluminação artificiais (KEELER; BURKE, 2010; MESA et al., 2011; HARB et al., 2014). Segundo Amorim (2007) a luz natural exerce uma importante atribuição no âmbito funcional, ambiental e qualitativo da arquitetura, e a sua incorporação enquanto diretriz na fase inicial de projeto amplia os benefícios para os usuários e reduz os impactos ambientais. Desta forma, cresce a busca por construir espaços que otimizem aspectos ambientais, dentre eles a luz natural.

A disponibilidade de luz natural no ambiente interno está relacionada, entre outros fatores, com as características da janela. A integração do espaço interno ao externo através delas é um método eficaz para maximizar a luminosidade natural e oferecer maior eficiência energética à edificação. Diversos são os autores que evidenciam a relação entre as características de geometria e propriedades da janela e a disponibilidade de luz natural no interior do ambiente (BOKEL, 2007; TZEMPELIKOS et al., 2010).

Vianna e Gonçalves (2001) abordam que as dimensões, área, tipo de vidro, posicionamento na parede, dentre outros fatores, influenciam o acesso da iluminação natural no interior do ambiente. Bittencourt e Oiticica (1995), destacam que apesar da forma e localização das janelas também serem relevantes na iluminação natural do ambiente interno, as dimensões das janelas são os parâmetros de maior grau de influência nos níveis de iluminação.

Conforme Capeluto (2003) e Li et al. (2006) múltiplos fatores influenciam a entrada de luz natural no ambiente interno, dentre eles, destaca-se a profundidade e formato do ambiente, refletâncias das superfícies internas, propriedade ópticas do vidro, além da orientação, forma e tamanho da janela. Ünver (2009) também afirma que as características das janelas, como dimensão, orientação e transmitância luminosa do vidro são parâmetros básicos que interferem na iluminação natural no ambiente interno.

Diante dos aspectos tratados, este estudo teve como objetivo avaliar o comportamento da iluminação natural no interior do ambiente analisado à medida que são variadas as áreas das janelas, constatando assim, a interferência que esta variação ocasiona na iluminação do ambiente interno.

2. METODOLOGIA

A principal estratégia adotada para a obtenção dos resultados pretendidos foi a simulação computacional, a qual foi realizada em um cenário fictício.

O ambiente hipotético localiza-se em Vitória/ES-Brasil (LAT 20°19'S; LONG 40°20') e possui dimensões internas de 2,6 x 3,85 x 2,6 m, (largura, comprimento e pé-direito respectivamente), sendo este modelo adotado a partir do Código de Obras do município de Vitória, ES (Vitória, 1998). O sistema de janela adotado para o ambiente é composto por duas folhas em alumínio e vidro transparente comum. O ambiente interno está situado no primeiro pavimento tipo que equivale ao quarto pavimento do edifício, onde os primeiros pavimentos são destinados ao térreo, à garagem e à área de lazer, destacando-se que essa configuração do edifício é um modelo comumente adotado em edifícios multifamiliares na região metropolitana de Vitória. Foram inseridos trinta e cinco pontos de avaliação

equidistantes dentro do ambiente interno, alocados no plano de trabalho à 0,75 m do piso em uma malha ortogonal, conforme Figura 1.

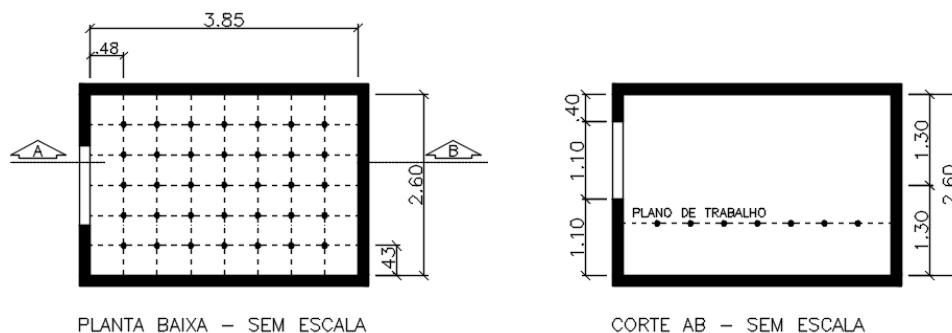


Figura 1: Representação gráfica do ambiente interno simulado, sendo à esquerda, a planta baixa esquemática e à direita o Corte AB. Fonte: Autores, 2016.

Em relação a geometria urbana, esta caracteriza-se por uma via frontal ao ambiente com 18 m de largura, classificada como via “Local Principal” de acordo com o Plano Diretor de Vitória (Vitória, 2006). Considerou-se os terrenos do entorno ocupados por cinco edifícios obstruidores, observando-se a legislação urbana em relação aos afastamentos frontais e de fundo de 3 m, e laterais de 1,5 m, com altura máxima das edificações de 45 m, conforme figura 2.

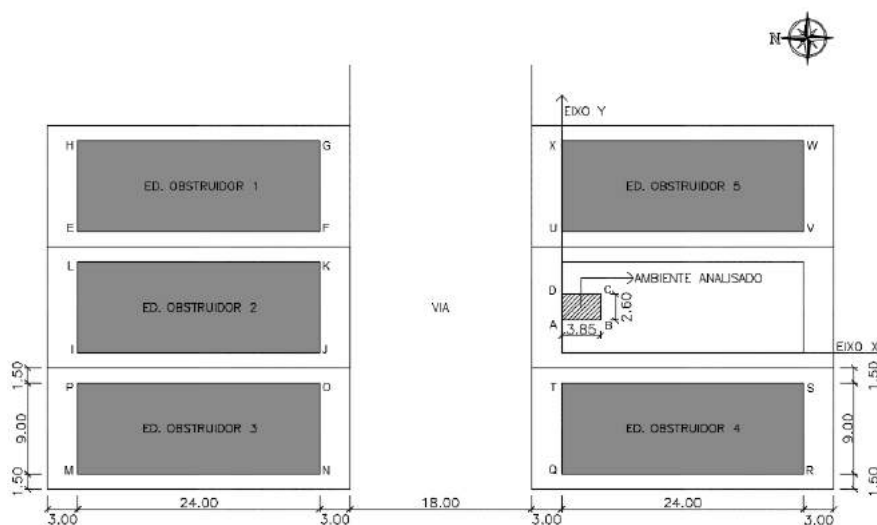


Figura 2: Composição hipotética da geometria urbana onde o ambiente interno avaliado está inserido. Fonte: Autores, 2016.

As simulações foram realizadas com a janela orientada para Norte em todos os dias do ano. Foram analisadas as médias anuais de iluminância nos horários de 8h; 10h; 14h e 16h bem como os percentuais de horas das UDIs (*Useful Daylight Illuminances*) de todas as horas do dia entre 7h às 17h.

Foram utilizados os céus padrões da CIE (*International Commission on Illumination*), adotando para esta análise o céu 3 (encoberto), céu 7 (parcialmente nublado) e o céu 12 (claro), sendo respectivamente os valores mínimo, intermediário e máximo da média anual dos valores de iluminação interna (Laranja, 2010).

Foram fixados os valores de refletância das superfícies internas e externas, sendo: piso = 0,2; parede = 0,6; teto = 0,8; e para as externas: piso = 0,2 e edifícios obstruidores = 0,4. Variou-se as áreas das janelas, adotando-se o preconizado nos Códigos de Obras brasileiro, onde a relação da área de janela está vinculada a uma fração da área do compartimento. Assim, nas simulações foram adotadas as frações que compreendem tanto as frações usualmente estabelecidas nos códigos de obras (1/6 à 1/8) quanto as frações que induzem às áreas maiores e menores para a janela, sendo elas, 1/5; 1/9; 1/10 e 1/11. Desta forma, a janela de área correspondente à 1/5 da área do compartimento será classificada como J1, assim como as janelas de área 1/6; 1/7; 1/8; 1/9; 1/10 e 1/11 da área do compartimento serão classificadas como J2, J3, J4, J5, J6 e J7 respectivamente.

Os resultados obtidos nas simulações são os valores médios anuais da iluminação interna, onde foi possível avaliar o comportamento da luz natural no ambiente em função da área da janela.

Os resultados das simulações também permitiram a obtenção dos percentuais de horas em função dos intervalos das UDIs. Estes intervalos são classificados como insuficientes quando os valores são inferiores a 100 lx; suficientes, mas com necessidade de iluminação complementar, quando os valores estão entre 100 e 500 lx; suficientes quando os valores estão entre 500 e 2000 lx e excessivos quando os valores são superiores a 2000 lx (Nabil e Mardaljevic, 2006).

3. RESULTADOS

No levantamento e análise das regulamentações edilícias das capitais brasileiras, observando as diretrizes estabelecidas pelos Códigos de Obras, conforme a Tabela 1, é possível concluir que de todas as capitais analisadas, 81,5% estabelecem as áreas de janela em função da área do piso, com frações que variam entre 1/5 e 1/8.

Tabela 1: Análise das regulamentações edilícias das capitais brasileiras.

	Sudeste				Sul			Centro-Oeste				Norte				Nordeste												
Observação dos Códigos \ Capitais	Belo Horizonte	Rio de Janeiro	São Paulo	Vitória	Curitiba	Florianópolis	Porto Alegre	Brasília	Campo Grande	Cuiabá	Goiania	Belém	Boa Vista	Macapá	Manaus	Palmas	Porto Velho	Rio Branco	Araçáju	Fortaleza	João Pessoa	Maceió	Natal	Recife	Salvador	São Luis	Teresina	
As janelas terão sua abertura dimensionada em função da destinação do compartimento a que servirem.																												
Proporção das janelas em relação à área do piso - 1/5																												
Proporção das janelas em relação à área do piso - 1/6																												
Proporção das janelas em relação à área do piso - 1/7																												
Proporção das janelas em relação à área do piso - 1/8																												
Proporção das janelas em relação à área do piso - 15%																												

Obs.: A regulamentação edilícia de Boa Vista determina que as aberturas laterais dos dormitórios tenham área proporcional de 1/6 em relação à área do piso e as salas tenham área proporcional de 1/8 em relação à área do piso.

A partir dos resultados apresentados foram geradas simulações, utilizando para isto diferentes áreas de janela em função da área de piso. Foram então elaborados gráficos a partir dos resultados obtidos nas simulações do software TropiLux, no qual permitem observar de acordo com a variação das janelas como ocorrem as alterações nas médias anuais de iluminância interna bem como as alterações nos percentuais de horas do dia dos intervalos das UDIs.

3.1 Análise dos resultados para céu 3 (encoberto)

O Gráfico 1 apresenta as médias anuais de luz direta e difusa obtidas para o céu 3. Observa-se que o aumento da área das janelas acarreta uma maior disponibilidade de iluminância no interior do ambiente para todos os horários simulados. Nota-se, porém, que a medida que são ampliadas as áreas das janelas, apesar dos aumentos de iluminância, estes não acompanham os mesmos aumentos proporcionais nas taxas de iluminação.

Observa-se ainda que a medida que se reduz a área de abertura das janelas, decresce a amplitude da iluminação natural entre os horários definidos ao longo do dia. Assim, nota-se que ambientes iluminados com janelas de áreas menores serão submetidos a menores variações de iluminação no decorrer do dia. Para todas as janelas, as variações de iluminação são maiores durante o período da manhã, e em um segundo momento, durante o período da tarde, onde a média anual de iluminância aumenta das 8h às 10h, permanece estável das 10h às 14h, e decresce das 14h às 16h. Destaca-se também que a maior parcela constituinte da iluminância obtida para todas as janelas é proveniente da luz direta. Desta forma, conclui-se que todas as janelas devem ter dispositivos de proteção, sejam eles externos ou internos ao ambiente, em função da maior variação da iluminância que ocorre ao longo do dia e da parcela de luz direta.

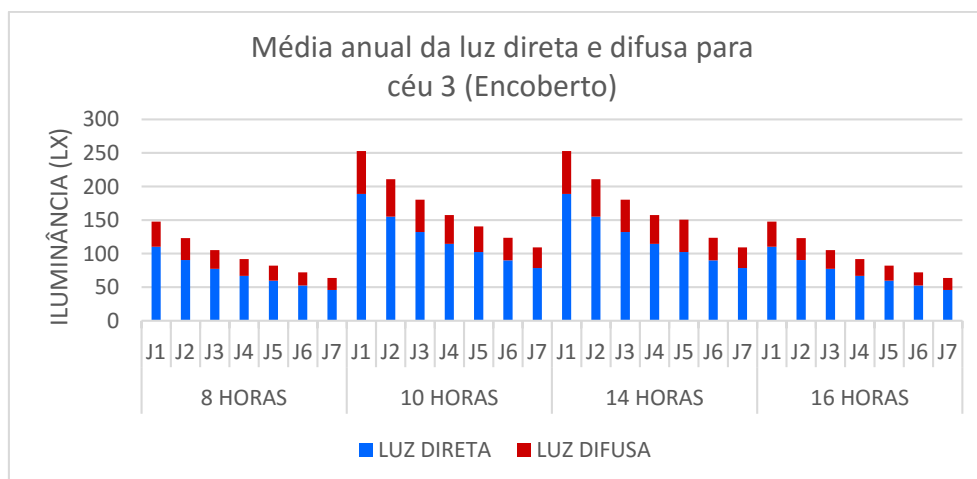


Gráfico 1: Média anual da luz direta e difusa para céu 3 - orientação Norte.

O Gráfico 2, apresenta o percentual dos valores de UDI para o céu 3 (encoberto). Observa-se que para todas as janelas, o aumento das áreas acarreta uma elevação no percentual útil de iluminação $100 \leq E \leq 500$. Para o intervalo $500 \leq E \leq 2000$, nota-se que há um aumento pouco significativo entre as janelas J2 à J7 contrapondo-se com o expressivo aumento do percentual útil de iluminação entre as janelas J2 e J1. Desta forma, para o céu 3 ao variar a

área da janela J7 para J2, têm-se um aumento maior que 80% na área da janela, porém, um ganho um pouco maior do que 70% no intervalo suficiente, em contrapartida, a variação da área da janela de J2 para J1, proporciona um ganho de 20% em área e de 75% em percentual útil de iluminação. Observa-se ainda, que para todas as janelas, apesar do percentual relativo ao intervalo $E > 2000$ ser zero, haverá a necessidade de proteção solar devido à parcela de luz direta.

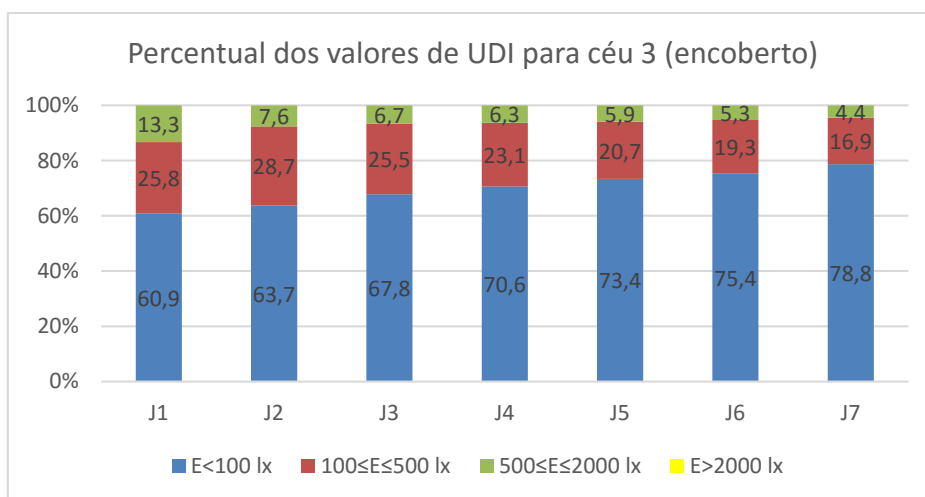


Gráfico 2: Percentual de horas dos intervalos das UDI para orientação Norte e céu 3 (encoberto) em função da variação das janelas.

3.2 Análise dos resultados para céu 7 (parcialmente nublado)

O Gráfico 3 apresenta as médias anuais de luz direta e difusa obtidas para o céu 7. Nota-se, que assim como para o céu 3, o aumento da área das janelas acarreta uma maior disponibilidade de iluminância no interior do ambiente para todos os horários simulados. Observa-se ainda que há uma uniformidade no ganho de iluminação para as janelas J1 à J7 nos horários de 8h e 16h. Há também uma uniformidade no ganho de iluminação natural de J4 à J7 nos horários de 10h e 14h. Em contrapartida, as janelas J1 à J4 oferecem uma maior perda de iluminação à medida que vão sendo reduzidas as áreas de janela. Isto pode ser observado pela curva de decaimento da iluminação natural quando se alteram as áreas das janelas, onde há um ponto de deflexão desta curva, exatamente na J4.

Observa-se ainda, que a redução da área das janelas ocasiona o decréscimo da amplitude da iluminação natural entre os horários definidos ao longo do dia. Desta forma, ambientes iluminados com janelas de áreas menores são submetidos à pequenas variações de iluminação, contrapondo-se com as janelas de áreas maiores. As variações de iluminação, tanto para janelas de maior ou menor área, são maiores durante o período da manhã e em um segundo momento, durante o período da tarde, no qual, a média anual da iluminância aumenta das 8h às 10h, e permanece praticamente estável das 10h às 14h, diminuindo bruscamente das 14h às 16h. Destaca-se ainda que a maior parte da iluminância obtida para todas as janelas é proveniente da luz direta, necessitando-se de dispositivos sombreadores para todas as aberturas.

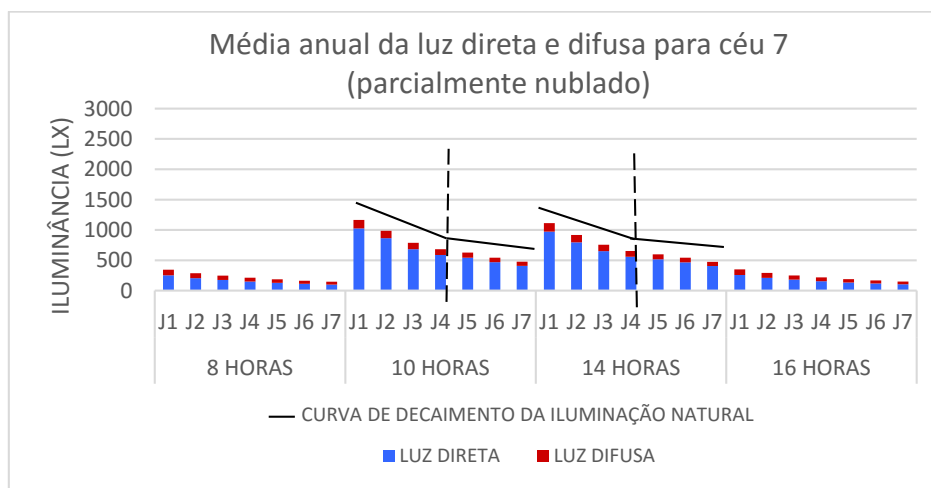


Gráfico 3: Média anual da luz direta e difusa e curva de decaimento da iluminação natural e o seu ponto de deflexão para céu 7 - orientação Norte.

O Gráfico 4, apresenta o percentual dos valores de UDI para o céu 7 (parcialmente nublado). Nota-se que para todas as janelas, o aumento das áreas gera uma elevação no percentual útil de iluminação $100 \leq E \leq 500$ e $500 \leq E \leq 2000$. Entretanto, observa-se que da janela J7 à J1 mais do que triplicou o percentual relativo ao intervalo $E > 2000$, acarretando a necessidade de dispositivos sombreadores nas fachadas para todas as janelas.

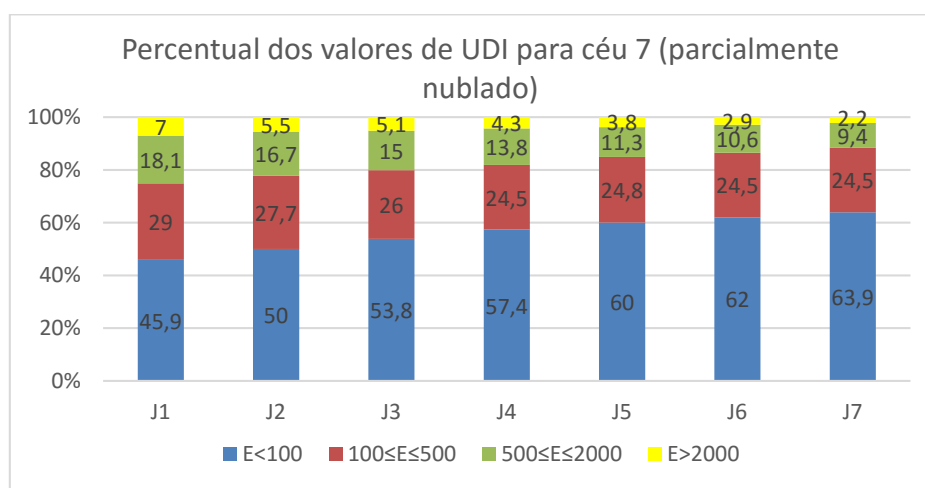


Gráfico 4: Percentual de horas dos intervalos das UDI para orientação Norte e céu 7 (parcialmente nublado) em função da variação das janelas.

3.3 Análise dos resultados para céu 12 (claro)

O Gráfico 5 apresenta as médias anuais de luz direta e difusa obtidas para o céu 12. Observa-se que o aumento das janelas possibilita um maior ganho de iluminação no interior do ambiente para todos os horários simulados. Nota-se que as janelas J1 à J7 nos horários de 8h e 16h e as janelas J4 à J7 nos horários de 10h e 14h apresentam uma uniformidade no ganho de iluminação natural, assim como no céu 7. Entretanto, as janelas J1 à J4 nos horários de 10h e 14h oferecem maior perda de iluminação conforme a redução da área da janela. Isto pode ser observado pela curva de decaimento da iluminação natural à medida que se variam as áreas das janelas, onde o ponto de deflexão da curva está exatamente na J4.

Observa-se ainda que a medida que se reduz a área das janelas, decresce a amplitude da iluminação natural entre os horários definidos ao longo do dia. Em todos os casos, a média anual de iluminância aumenta das 8h às 10h, sendo às 10h o horário de maior ganho de iluminação, decaindo suavemente entre as 10h e 14h e permanece em queda das 14h às 16h.

É importante destacar que a maior parte da iluminância obtida para quase todas as janelas é proveniente da luz direta. Apenas as janelas J5, J6 e J7 às 8h tem a parcela de luz difusa maior que a parcela de luz direta. Em todos os outros casos, em especial para os horários das 10h e 14h, a luz direta representa uma parcela significativa de iluminância, podendo representar mais de 90% do total de iluminação. Desta forma, principalmente para estas janelas, haverá a necessidade de utilização de dispositivos sombreadores da iluminação natural, de modo a amenizar o ganho de luz solar direta para estas janelas neste tipo de céu.

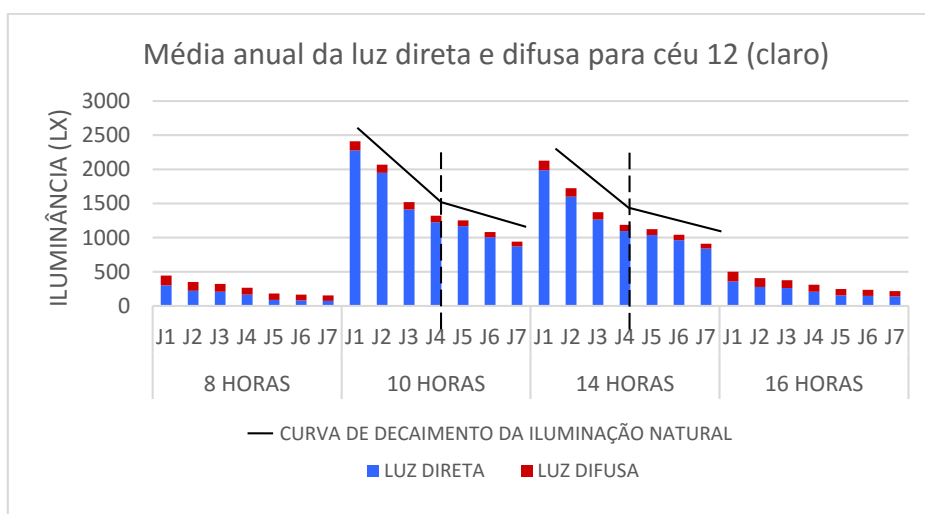


Gráfico 5: Média anual da luz direta e difusa e curva de decaimento da iluminação natural e o seu ponto de deflexão para céu 12 - orientação Norte.

O Gráfico 6, apresenta o percentual dos valores de UDI para o céu 12. Nota-se que, para todas as janelas, o comportamento é similar ao ocorrido no céu 3 e 7. Observa-se, porém, que o intervalo cuja luz natural é suficiente como única fonte, a variação do percentual útil é maior entre as janelas de maior área, ou seja, apesar da variação das janelas serem proporcionais, o aumento no ganho da iluminação não segue a mesma proporção. Em contrapartida, o percentual relativo ao intervalo $E > 2000$ teve uma variação insignificante para todas as janelas.

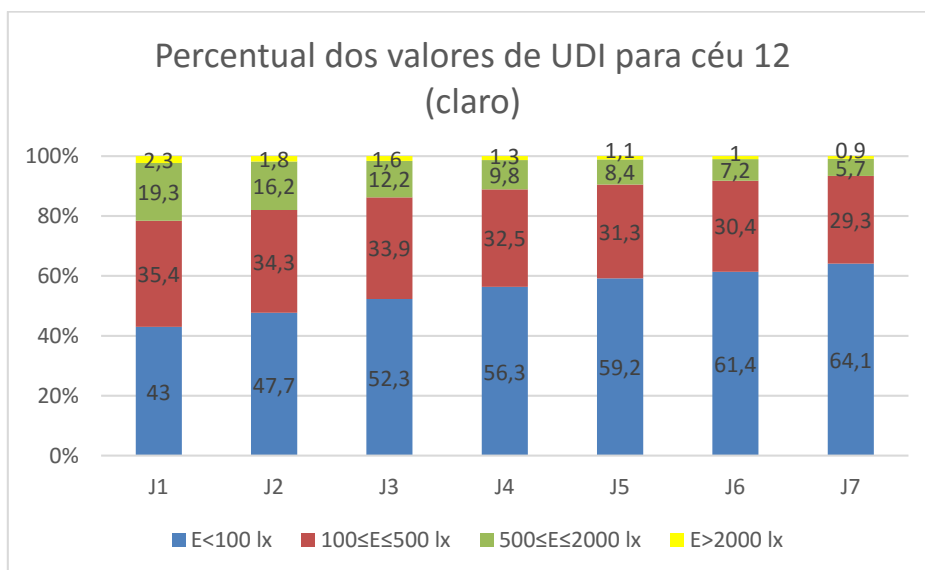


Gráfico 6: Percentual de horas dos intervalos das UDI para orientação Norte e céu 12 (claro) em função da variação das janelas.

4. CONCLUSÃO

Diversos fatores influenciam a disponibilidade da iluminação natural no ambiente interno, e este estudo aponta as interferências causadas pela variação da área das janelas e o ganho de iluminância. Em todos os casos o aumento da área da janela conduz a um ganho de iluminância, embora não ocorra na mesma proporção do aumento da área da mesma.

Observa-se que para todos os céus testados o aumento da janela contribui para o acréscimo de luz natural no interior do ambiente, ressaltando-se que apenas para o céu 7 (parcialmente nublado) este aumento de iluminância ocasionada o ganho de luz excessiva. Entretanto, destaca-se que para todos os céus a maior parte da iluminância obtida é proveniente da luz direta, com apenas poucas exceções, tornando-se necessário o uso de sombreadores solares para o céu 3, céu 7 e céu 12.

Observa-se também que para todos os céus testados, principalmente para as janelas maiores, haverá a necessidade de utilização de dispositivos sombreadores da iluminação natural, em função da maior variação da iluminância que ocorre ao longo do dia. Os dispositivos sombreadores permitirão adequar os níveis de iluminância às atividades do ambiente interno.

Através dos resultados obtidos, conclui-se que para todos os céus, com janelas orientadas para Norte, o aumento da área da janela contribui para o acréscimo de luz natural no interior do ambiente, mas quando o aumento se dá entre as janelas de maior área – entre J1 e J3 – haverá um ganho maior de iluminação.

Em relação às normativas vigentes nas capitais brasileiras, as frações utilizadas nos códigos de obras precisam ser revistas. Em função da orientação solar, do tipo de céu da localidade, dentre outras variáveis, há ganhos diferenciados de iluminação natural no ambiente interno. Desta forma, padronizar a área da janela do ambiente somente em função da área do compartimento não dá garantias de uma iluminação adequada para o ambiente interno.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) e a Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Trabalho vinculado ao Projeto de Pesquisa “Iluminação natural: Eficiência energética e conforto visual no ambiente interno” registrado no PRPPG (Pró-Reitoria e Pós-Graduação) da UFES.

REFERÊNCIAS

- Amorim, C. N. D. 2007. Diagrama morfológico Parte I – instrumento de análise de projeto ambiental com uso de luz natural. *Paranoá Cadernos de Arquitetura e Urbanismo* 3: 57-76.
- Bittencourt, L.; Oiticica, M. 1995. Influência da localização, dimensão e forma das janelas nos níveis de iluminação natural produzidos por céus encobertos. III Encontro Nacional e I Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído, Gramado, 4-7 de Julho de 1995.
- Bokel, R. M. J. 2007. The Effect of Window Position and Window Size on the Energy Demand For Heating, Cooling and Electric Lighting. In: *building simulation*, Delft.
- Capeluto, I.G. 2003. The influence of the urban environment on the availability of daylighting in office buildings in Israel. *Building and Environment* 38: 745-752.
- Harb, F.; Hidalgo, M. P.; Martau, B. 2014. Lack of exposure to natural light in the workspace is associated with physiological, sleep and depressive symptoms. *Chronobiology International* 1 1-8.
- Keeler, M.; Burke, B. 2010. Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis. Porto Alegre: Bookman.
- Laranja, A. C. 2010. Parâmetros urbanos e a disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno. 285 f. Tese (Doutorado em Arquitetura) - Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Li, D.H.W., Wong, S.L., Tsang, C.L, Cheung, G. H.W. 2006. A study of the daylighting performance and energy use in heavily obstructed residential buildings via computer simulation techniques. *Energy and Building* 38: 1343 - 1348.
- Mesa, N. A.; Corica, L.; Pattini, A. 2011. Evaluation of the potential of natural light to illuminate buildings in dense urban environment: A study in Mendoza, Argentina. *Renewable Energy* 36: 2414-2423.
- Nabil, A. & Mardaljevic, J. 2006. Useful daylight illuminances: A replacement for daylight factors. *Energy and Buildings, London: Elsevier* 38: 1343-1348.
- Tzempelikos, A. et al. 2010. Indoor thermal environmental conditions near glazed facades with shading devices - Part II: Thermal comfort simulation and impact of glazing and shading properties. *Building and Environment* 45: 2517-2525
- Ünver, R. 2009. Prediction of interior daylight availability for external obstructions in Istanbul. *Light & Engineering* 17: 54-64.
- Vianna, N. S. & Gonçalves, J. C. S. 2001. *Iluminação e Arquitetura*. São Paulo: Virtus.
- Vitória. Lei nº. 4821, de 30 de dezembro de 1998. Código de Edificações do Município de Vitória. Vitória, 1998. Disponível em: <<http://sistemas.vitoria.es.gov.br/webleis/consulta.cfm?id=3164>>. Acesso em: 02 fev. 2016.
- Vitória. Plano Diretor Urbano. Lei nº. 6.705, de 2006. Institui o Plano Diretor Urbano e dá outras providências. Vitória, 2006. Disponível em: <<http://sistemas.vitoria.es.gov.br/webleis/consulta.cfm?id=167650>>. Acesso em: 05 fev. 2016.



Analysis of the Bernardo Mascarenhas Cultural Complex based on the criteria of sustainable development

Maria Teresa Barbosa

Federal University of Juiz de Fora, Professor Doctor of the Program of Postgraduate Studies in Built Environment, Faculty of Engineering of FUJF, Juiz de Fora (MG), Brazil
teresa.barbosa@engenharia.ufjf.br

Claudia dos Reis Paiva

Federal University of Juiz de Fora, Master Student in the Program of Postgraduate Studies in Built Environment, Faculty of Engineering of FUJF, Juiz de Fora (MG), Brazil
claudiareis_paiva@hotmail.com

Daniel de Almeida Moratori

Federal University of Juiz de Fora, Master Student in the Program of Postgraduate Studies in Built Environment, Faculty of Engineering of FUJF, Juiz de Fora (MG), Brazil
danielmoratori@hotmail.com

ABSTRACT: The Bernardo Mascarenhas Textile Company, founded in 1888, was an important company located in the historical centre of Juiz de Fora city (Minas Gerais, Brazil). Since the bankruptcy of the factory in 1984, the complex of buildings went through several building works. This article aims to explore the edifications taking in consideration the concepts of sustainable development, that is to say, to investigate applicability the social, economic, environmental and institutional parameters after the restoration. In order to elaborate this paper, it was conducted a survey with a qualitative approach, through the collection of visual data, identification of the building materials and survey of the adopted solutions. It were employed the iconographical archives that collaborate in the narrative of the modifications that have occurred in the buildings. As a result, it was observed that some of the mentioned aspects insert the complex of buildings in the sustainability issues, especially if its social dimension. It is expected that this work may give a contribution for the entire complex of buildings may be included in the context of the sustainable development.

Keywords *Heritage, Rehabilitation, Sustainability, Sustainable Development*

1. INTRODUCTION “THE MASCARENHAS COMPLEX”

The Bernardo Mascarenhas Cultural Complex, a former textile company located in the historical centre of Juiz de Fora, in Minas Gerais, was inaugurated on May 7th, 1888, being responsible, according to Croce (2008), for the development and industrialization of the “countryside”, turning it into a modern municipality, which has, subsequently, propitiated the construction of the first hydroelectric dam in Latin America, the hydroelectric power plant of Marmelos, designed in 1889.

The entire complex of buildings has about 12.498 m², being that 11.233 m² are of built area and 1.264 m² are free areas, such as: parking, loading and unloading areas, civic squares and circulation areas. Nowadays, the Bernardo Mascarenhas Cultural Complex (see Figure 1) is composed by four edifications: the Bernardo Mascarenhas Cultural Centre (BMCC) (1); the Municipal Market and the Municipal Secretary of Education (2); the Murilo Mendes Municipal Library (3) and the Dr. Geraldo Moutinho Centre of Education of Youth and Adults (CEM) (4). The judgment of the Division of Artistic and Cultural Heritage (DIPAC), contained in the process number 3649/82, is reflected in the law decree 2866 of the year 1983, which deals with the preservation of the Complex where there are a description of the buildings that house the BMCC and the Municipal Market, being established the prohibition of modifications that may modify the characteristics of the facade being only allowed internal changes that may provide new adhibition.

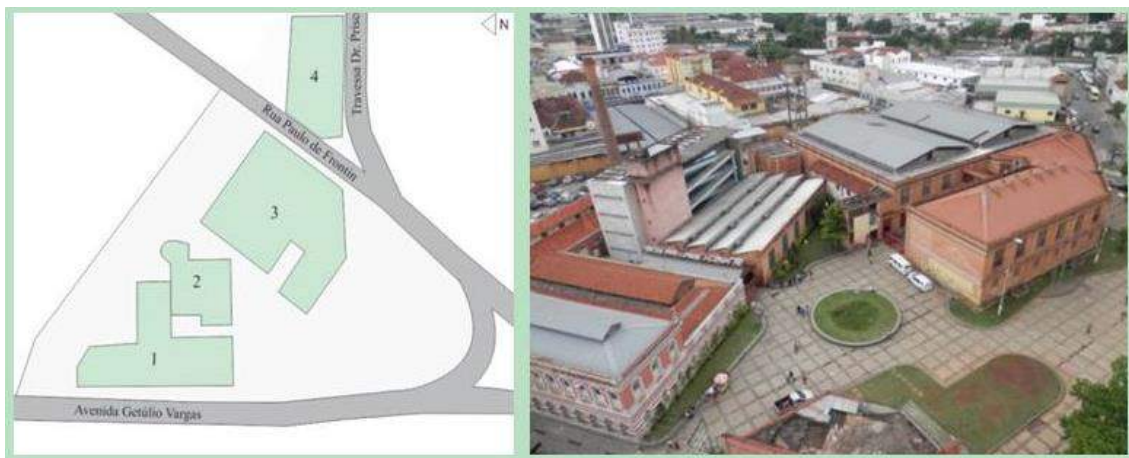


Figure 1: Location of the buildings of the Cultural Complex.

The actions analyzed in this study are contemplated within the point of view of the sustainable development, which, according to a report by Brundtland (1987), can be defined as being the ability of man to meet its needs without compromising future generations, that is to say, social, economic, environmental and institutional parameters are observed in order to extend the lifespan of the building.

Silva (2013) mentions that rehabilitation is a way towards the conservation of environmental resources, through the modernization of the conditions of functionality and comfort, seeking to improve the environmental performance, besides being also an act that will enhance the value of the historical and cultural resources of a community.

According to Tayra (2006), the indicators that point to the sustainable development are essential when they join the environmental, social and economic parameters. In this paper was conducted a survey with a qualitative approach, through the collection of visual data, iconographical material, identification of the building materials, identification of the pathological manifestations, and, finally, the identification of the solutions adopted in the building works considering the indicators of sustainable development.

2. THE CULTURAL CENTRE

The building, which currently works as a space for art and culture, was the focus of the premises of the social movement “Mascarenhas, my love” in 1983, supported by exponents of the arts from Brazil and, in particular, from Minas Gerais (PEREIRA, 2013). The BMCC has strict symmetry (see Figure 2), with an architectural project grounded in a central body constituted by three floors. The building can be divided in two parts: the technical area and the public access area. The facades are dominated by the symmetrical rhythm of the sequence of arched openings, with fences made of wood and glass (FUNALFA, 2015).



Figure 2: Bernardo Mascarenhas Cultural Centre (BMCC).

The structure of the building has received great attention during the process of restoration, which occurred in the 1990's, after its collapse. The external facade of the factory apparently appeared to be in good condition, but, internally, it was in ruins and modifications were needed to recover it (PEREIRA, 2013). The positive point in the restoring was employment the steel as the main material, since it is a recyclable, distinguishable and of easy reversibility material, that one of the better meets the demands of a sustainable work. Table 1 shows the clarifications about the survey that has been conducted.

In the qualitative approach adopted the scales the Development Indicators provided in the Brazilian Geography and Statistics Institute (2015) in according to the Commission on Sustainable Development, summarized below: *Complete (C)*, *Partial (P)* and *absent (A)*, i.e., the appointment categories include the indicators who guaranteed the integration in sustainable development.

Table 1: Conformity of the sustainability categories in the BMCC.

Categories	Conformity	Comments
Economic	P	Promotes the integration between society and groups of producers of culture in the city. However, there is mismanagement in the energy consumption coming from an inadequate air conditioning system throughout the entire building, and this is a characteristic that has been neglected yet.
Institutional	P	The maintenance of the building is a responsibility of the public agency of the city which seek, where possible, to attain the best cost-benefit ratio as well as to perform building works that act in accordance with the sustainability and management of natural resources..
Social	C	It's an important element of the culture and education in the city.
Comfort	P	The building was designed before the generalized utilisation of electrical energy and, for that reason, the constitution of the architectural elements and of the openings have as aim a greater capture of light and natural ventilation.
Water Management	A	There is not water management system.

Subtitle: Complete (C), Partial (P), absent (A).

3. THE MUNICIPAL MARKET AND THE SECRETARY OF EDUCATION

Municipal Market is the name given to the building that contains the market since 1987, as well as the Municipal Secretary of Education. This building is the result of a reconstruction, after the fire that occurred in 1991. Composed by two floors, follows the same constructive guidance of the British manufacturing models, with apparent solid bricks possessing ornamentation in the intermediate and superior entablature. The solid bricks are arranged in zigzag, with indentations and protrusions (FUNALFA, 2015), as it can be seen in Figures 3 and 4.



Figure 3: Municipal Market and the Municipal Secretary of Education.

The regularity of the building is marked by the large windows entirely torn, with straight lintels, metal finishing and occlusion made with glass, having security bars in the entire ground floor.



Figure 4: Ground Floor of the Municipal Market, with windows and a circulation corridor, improvised thermal conditioners installed on the facade of the building, facilities for sales stands of concrete and masonry, with a roof of metal structure, hollow elements and systems of air exchange.

Table 2 shows the clarifications about the survey that has been conducted. It was put in evidence in the survey the employment of the internal steel structure of support. Besides the masonry of solid bricks, it were also adopted in the reconstruction some characteristics that allow the adaptation of the space to the new proposed utilizations, such as double height ceilings, ceiling vents and ceiling atrium for smoke exhaust and, finally, the construction of stairs for safer access.

Table 2: Conformity of the sustainability categories in the Municipal Market and the Secretary of Education.

Categories	Conformity	Comments
Economic	P	The combination between commerce and municipal agency was effective in maintaining the building. However private resources through a consortium could facilitate the constructions and would allow the accomplishment of the guidelines that fulfil sustainability.
Institutional	P	FUNALFA, DIPAC, COMPAC, and the City Hall perform the management of the space.
Social	C	A positive aspect. It generates integration and provides an articulation between the different utilizations.
Thermal Comfort Lighting and Ventilation	P	The use of natural lighting is flawed. Natural ventilation is profitable, being complemented by mechanical devices due to the fact that there are different temperatures between the different environments.
Water Management	I	Inexistence of elements and systems that may allow a better control of the water flows and reduce water consumption.

Subtitle: Complete (C), Partial (P), nonexistent (I).

4. THE CENTRE OF EDUCATION OF YOUTH AND ADULTS (CEM)

The CEM (Dr. Geraldo Moutinho Centre of Education of Youth and Adults) is a municipal school located in the “extension” of the Mascarenhas Factory (see Figures 1, 5 and 6 and Table 3). It is a ground floor building that has a double height ceiling highlighted by the crowning in the shape of fascia, following the same constructive guidance with apparent solid bricks and ornamentations in the upper entablature arranged in zigzag, with indentations and protrusions; its main facades are composed by rims of windows with small window sills that extend to the ceiling of the building, being the windows also characterized by the iron bars that make the security of the entire complex.

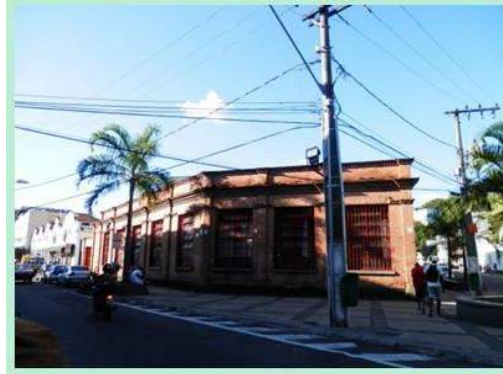


Figure 5: Dr. Geraldo Moutinho Centre of Education of Youth and Adults (CEM).



Figure 6: Teacher training centre, sign language class, opening on the second floor to the air vents. Air conditioning is provided in the reconstruction of the building.

Table 3: Conformity of the sustainability categories in the CEM.

Categories	Conformity	Comments
Economic	P	The space has limited solutions regarding the guidelines of economic sustainability, since there are no signs of improvements and updating, nor signs of proper adequacy of the system that composes the building.
Institutional	P	Institutionally, the management is carried out by the city hall, which is responsible for the maintenance and adequacy of the space.
Social	C	Works in agreement with the department of education, offering education and free training courses, and integrates young people and adults in social and cultural life.
Thermal Comfort Lighting and Ventilation	P	It has excessive overheating that result in discomfort and there are no mechanical thermal conditioning systems on the premises. Natural lighting is a positive aspect; however, the excessive incidence of the direct sunlight causes damages to the thermal.
Water Management	I	It were not found any solutions that allow the reuse of rainwater, the gutters have no systems able to drive the waters toward reservoirs and the roofs show problems with periodic water infiltrations. In the bathrooms, the toilet flushes don't have any control device with a system to reduce the water expenses.

Subtitle: Complete (C), Partial (P), nonexistent (I).

The environments are composed by large multifunctional areas, which emphasize the plurality of utilizations of the building, such as workshops, classrooms, spaces reserved for the administrative services and for the administration. The double height ceiling helps with the dispersion of the heat, along with the openings of the shed, producing the exchange of air in the inner environments.

It weren't found any records that can explain the plans that were adopted when the adaptations of the space were performed, nor what kind of building works has the

building received. It is, however, possible to visually check the outdated and disagreement with the proposed use and point out that the expenses with the maintenance of the space could be better managed through the improvement of the systems that compose the building.

5. THE MURILO MENDES MUNICIPAL LIBRARY

A building with three floors and an area that totalizes 2104 yards square, the library was built by the City Hall of Juiz de Fora in partnership with the Ministry of Culture. It is divided into five sectors, namely the memory sectors, Braille, loans, periodicals, children's and reference sector, with a collection of about 80,000 volumes (FUNALFA 2016). It was inaugurated in 1996 and was designed to facilitate the transit of people with special needs (see Figures 1 and 7).



Figure 7: Murilo Mendes Municipal Library.

In accordance with the recommendations of Conarq (2011), one of the main functions of the archive is the protection of its collection. The choice of the construction materials, of the finishing and of the equipments must obey to strict safety specifications in order to prevent accidents, environmental or biological aggression, and ensure a good conservation. The materials found in the building are associated with the techniques of precast and with metallic structures, which allow them to be reused, being this a positive aspect of the building. Through photographic survey, it can be seen that these materials preserve their good quality and durability, besides having great resistance to heavy loads, as illustrated in Figure 8 and Table 4.



Figure 8: Interior of the Murilo Mendes Library. 2016.

Table 4. Conformity of the sustainability categories in the Murilo Mendes Municipal Library.

Categories	Conformity	Comments
Economic	I	The economic aspect was not a premise adopted in the project, in view of the fact that the numerous possibilities to mitigate the ongoing maintenance expenses, the possibilities to improve thermal suitability and technical lighting were not taken into consideration, exemplifying, the glass panel that causes overheating and direct sunlight in the internal environments.
Institutional	P	The responsibility for the functioning and maintenance of the space is of the city hall, which dispenses high expenses due to lack of suitability of the project with the use of natural resources.
Social	C	Displays a connection with the social environment, since it allows the community to be aware and have access to their heritage.
Thermal Comfort Lighting and Ventilation	P	All the categories of comfort have inconsistency in the use; there are no mitigating solutions to internal problems and the architectural elements were not employed to encourage the use of natural resources in an efficient and positive way.
Water Management	I	As it happens in the entire complex of buildings, the water management is a deficit that generates costs with the pathologies caused by the lack of efficiency of the sewage systems. It has high costs that could be minimized with systems of water reuse.

Subtitle: Complete (C), Partial (P), nonexistent (I).

This building is the most recent construction of the Cultural Complex. Therefore, its functionality and effectiveness in dealing with the demands of sustainability had a larger contact with possibilities in the fields of civil construction as well as with the technologies targeting to meet such demands. However, the building presents serious problems both in the questions of energy maintenance and in the questions of environmental comfort, characteristics that could be resolved through the preventive and propositional guidelines applied in the phase of the project. About this matter, Tarre (2010) argues that it is necessary to pay special attention to the increase of the energy performance and comfort, and special attention to the materials to be used and their respective durability, pointing also the concern to reduce at the maximum the consumption and waste.

6. CONCLUSION

This paper deals with the subject matter of historic heritage and the criteria of sustainable development, intending to identify the positive and negative actions that took place during the various building works in the buildings that compose the Bernardo Mascarenhas Cultural Complex, a former textile company. The concept of heritage has evolved and has progressively expanded. The diverse and new technologies started to be introduced and accepted as solutions towards the maintenance and conservation of the cultural object, collaborating in the reversibility and distinctness, collaborating in the reduction of the energy costs, and collaborating in the adaptable reuse of buildings in ruins, searching for ways to recover and maintain its structure and identity, besides adapting them to the climatic changes.

Aspects such as thermal comfort, energy performance, lighting, ventilation, water management and air quality require actions that make use of the natural resources and have sustainability as a target. Markedly, the social / cultural nature is the aspect that clearly highlights the importance of the Cultural Complex for the population. However, it was revealed by the archives that narrate the history of the edifications, as well as through the perception of the solutions adopted, that the decisions and building works were not aligned in accordance with the real efficiency of the buildings in a long term, being, therefore, wasted the opportunities of collective / conjoined acts between all the social agents in the Cultural Complex, being also wasted the opportunity to perform prescriptive actions that could prepare the buildings to the current demands.

The extensive and relentless pursuit by the population for the recognition of the Cultural Complex as being an element of historical and cultural value, together with the long waiting periods for the rehabilitations, reconstructions and maintenance of the buildings emphasizes the evolution line through which the society itself goes through. It becomes evident that the Cultural Complex remains active and is constantly being modernized, a fact that allows us to point out that the discrepancies that are obstructing a harmony between the different buildings of the Cultural Complex concerning to the demands of sustainability tend to be defeated. Therefore, this paper embraces itself in the attempt to collaborate with the appointments of the emergent characteristics in what to the lifespan of the buildings is concerned, not forgetting its maintenance for the future generations. In addition, aims the comfort and security of the users, and aims to collaborate depending on the complex being inserted in the context of sustainable development.

Rehabilitation of historic buildings should be considered, especially the preservation of cultural values (because they can show today as was the recent evolution of humanity and how the buildings were continuously adapting and success with different forms of living); environmental protection (through lower power consumption in the production and application of construction products, reducing CO₂ emissions and limit the quantities of demolition products to remove); economic benefits (such as reduction in demolition costs, the quantities of new materials, among others).

In short, rehabilitation should extend the life of the buildings, ensuring their functional flexibility; minimize energy consumption and CO₂ emissions, while maintaining a certain aesthetic attractiveness has as first beneficiary man and inhabitant of these spaces.

The quality of the buildings is features that convey comfort and safety to users. The incorporation of environmental, social, economic and cultural involved aesthetic and technical parameters to be worked cohesively and harmonica.

REFERENCES

- Brazilian Geography and Statistics Institute (IBGE). Indicadores do desenvolvimento sustentável. 2015. Available at: <<http://www.ibge.gov.br>>. [accessed: 12.11.15]
- BRUNDTLAND (1987). *O Nosso Futuro Comum - Relatório de Brundtland. Nações Unidas: Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento*, 430 p.
- CARSALADE, Flávio de Lemos. *Patrimônio histórico. Sustentabilidade e sustentação. Arqtextos, São Paulo*, ano 02, n. 013.10, Vitruvius, jun. 2001
- CROCE, M. A. *O Encilhamento e a Economia de Juiz de Fora: O Balanço de uma Conjuntura*. 1888-

1898. FUNALFA edições. Juiz de Fora, 2008.
- PEREIRA, Cláudia M. Centro Cultural Bernardo Mascarenhas: *de ícone industrial a Espaço de Cultura*. Vox Musei: Livro de Resumos .2013. p.159-173.
- SILVA, Marta Trigo M.Taxa da. Reabilitação sustentável: Adaptação conceptual de um edifício do século XIX do centro do Porto. 2013. 92p. *Dissertação (Mestrado em Design) - Escola Superior de Artes e Design*
- TARRÉ, Gonçalo Teles de Abreu.Poderá a reabilitação incorporar a procura da sustentabilidade? Análise de Caso - Moradia Unifamiliar. 2010. p.90. *Dissertação em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico*. Universidade Técnica de Lisboa.
- Tayra, Flávio; Ribeiro, Helena. *Modelos de indicadores de sustentabilidade: síntese e avaliação crítica das principais experiências*. Saude soc. vol.15 no.1 São Paulo Jan./Apr. 2006.
- Tribuna de Minas em 11 de outubro de 1989. In: *Processo de tombamento da Fábrica Bernardo Mascarenhas nº3649/82*. 1982. Juiz de Fora: PJF/DIPAC



Photovoltaic Powered Water System for an Indigenous Community in the Ecuadorian Amazon Rainforest

Parker Haerr

Construction Management Student, California Polytechnic State University, San Luis Obispo, CA USA
phaerr@calpoly.edu

David Mulder

Construction Management Student, California Polytechnic State University, San Luis Obispo, CA USA
dsmulder@calpoly.edu

Tyler Peinado

Construction Management Student, California Polytechnic State University, San Luis Obispo, CA USA
tpeinado24@gmail.com

Dhakshan Potuhera

Construction Management Student, California Polytechnic State University, San Luis Obispo, CA USA
dpotuhera@gmail.com

Lonny Simonian

Professor, Construction Management, California Polytechnic State University, San Luis Obispo, CA USA
lsimonia@calpoly.edu

Paul Redden

Lecturer, Construction Management, California Polytechnic State University, San Luis Obispo, CA USA
predden@calpoly.edu

ABSTRACT: This paper presents the commissioning and start-up phases of a project to allow the indigenous community of Santa Rosa, Ecuador gain access to fresh water, with pumped storage provided by a photovoltaic (PV) system. The project used the initial design prepared by a non-profit organization as the basis for construction as well as materials from an industry funded grant. The work involved two faculty and four students from the California Polytechnic State University, San Luis Obispo (Cal Poly) National Electrical Contractors Association (NECA) and Mechanical Contractors Association of America (MCAA) Student Chapters to complete the installation of a clean water system. This included PV panels, electrical distribution and overcurrent protection, piping connections to a direct current submersible pump, water storage tanks, and distribution piping/connections to each village household. Although the initial design was a vital part of the project, much of the details were resolved in the field with a design-build approach.

Keywords *Photovoltaic, Water Distribution, Santa Rosa, Reach Beyond, Cal Poly*

1. INTRODUCTION

This paper presents student perspectives during the commissioning and start-up phases of a project to help an indigenous community in Ecuador gain access to fresh water by means of photovoltaic power. Duffy (2008) describes similar student service learning projects in Guatemala where students designed and installed two different solar-powered water supply and drinking water purification systems; one using a spring and gravity to provide water and another which pumps water from a river to an elevated tank. Our project used an initial design for a spring-fed, solar-powered, elevated tank pumped water system prepared by Reach Beyond, a non-profit organization, as the basis for construction. Reach Beyond involved students and faculty from California Polytechnic State University, San Luis Obispo (Cal Poly) to assist with a clean water distribution system. ELECTRI International's Student Passport Initiative grant provided incentive and partial funding for the project to provide a clean water distribution system for the village of Santa Rosa, Ecuador, in the Amazon rainforest.

2. BACKGROUND

Santa Rosa is located on the banks of the Rio Pastaza in Ecuador. The community is not served by electric power and lacks the ability to pump water. Although fresh water is available from an underground spring that feeds the river, the community must bucket water over long distances. The community has seventeen homes along with a community house, soccer field, volleyball court, and audience stands. A portion of the community is shown in Figure 1, presenting an overview from our plane approach. The large dirt area is the village soccer field and behind that resides the community households.



Figure 1. View of Santa Rosa Village

The community elects its own President who is in charge of leading the village as well as being the representative to the Ecuadorian government. Once the need for a service project is identified, the community develops this into a request, then community members travel from their village to the city to reach a potential funding organization such

as Reach Beyond. Reach Beyond then works with the community and government to design and install the project. In many cases they also work with other religious or educational institutions to complete the project.

Reach Beyond involved students and faculty from Cal Poly's National Electrical Contractors Association (NECA) and Mechanical Contractors Association of America (MCAA) Student Chapters for a clean water distribution system. This included a photovoltaic panel array, electrical distribution and overcurrent protection, piping connections for a direct current submersible pump, water storage tanks, and distribution piping/connections to each village household. Reviews of the research, demonstrations, and case studies since 2001 indicate that solar energy can be a viable solution for the provision of power throughout the world, especially to electrify rural off-grid locations as an eco-friendly and cost-effective solution (Akikur 2013).

3. KEY PROJECT FACTORS

3.1 Project Coordination

With so many entities involved in an international project, we scheduled weekly meetings that included students, faculty, and Reach Beyond to discuss the best dates to execute the project. Once potential dates for the trip were identified, day-by-day milestones were developed. We kept a running action-items log to coordinate international paperwork, changes in design and equipment, and a preliminary work plan.

3.2 Budget

We were awarded a \$20,000 (USD) grant and funds were secured, enabling us to develop a project budget. Budget items included system materials, participant travel, and contingencies for unforeseen events. Each of these subcategories was further developed in line-by-line specifics.

3.3 Schedule

A proposal was submitted in May 2015, we were selected as finalists in June 2015, and invited to present to the ELECTRI Council meeting in July 2015. Award was made at the end of July 2015. Creating a schedule for the project involved the consideration of various long-lead items. Completing the shipping paperwork started immediately since shipping time was estimated to take up to three months.

4. EXECUTION

4.1 Pre-Departure

The trip was planned to occur during Cal Poly's winter break, from December 11 to December 21, 2015. We planned to fly into the jungle on December 14, 2015 and work continuously until the project was completed and water was available to every community member. Prior to our departure, we worked to ensure we would have all materials and equipment needed to complete the project while we were on-site.

4.2 Installation

The first day involved immediate integration into the community. We met some of the villagers along with the village President. After a quick lunch we installed the pump in the concrete cistern (Fig. 2). The pump was raised above the bottom of the tank on a bed of rocks to keep it from pumping sediment that could collect at the bottom of the tank. It is enclosed within a 6-inch piece of PVC pipe to provide protection while operating.



Figure 2. Installation of the submersible pump

While one group of students was installing the water distribution system, another group installed the PV system (Fig. 3) to provide power to the cistern pump. After the PV panels were secured, we installed a circuit breaker and ground rod. Prior to connecting the wiring, palm leaves were placed on the panels to prevent power from being generated.



Figure 3. PV panel installation

By the end of the day, we connected the pump and piping, as well as the wiring for the solar panels. The next morning began at sunrise with a test of the pump to verify the PV

and piping connections functioned correctly to supply water to the tower storage tanks. Once we determined everything was successfully installed, after lunch we began installing the piping connections between the water storage tanks as seen in Figure 4. The two water storage tanks were connected using ball valves that would allow the villagers to shut-off the flow from one or both of the tanks. We installed two extra lines for future use and there was physical space to add two more tanks if needed.



Figure 4. Interconnection of the water storage tanks

By the end of the day the pump was delivering water into both storage tanks, with a valve preventing it from loading the community piping. The next day, we started work early to test the water pressure by filling the pipes with the water stored overnight. After the piping was full, we began installing the final connection points at each household. This involved a hose bib, shower, and meter connection so that each villager has easy access to the water. The meter allows the President of the village to control water usage if people don't pay the monthly fee for using it. This connection can be seen in Figure 5, when we were completely finished and had water running through the system. The water points have been completely installed and we were able to get a strong flow of water through the hose bib and shower connections.



Figure 5. Water delivered to household

4.3 Post construction analysis

Following installation, Cal Poly will have the ability to monitor the energy generation and water distribution over time. The Santa Rosa site will be equipped with a satellite monitoring system to capture and transmit data. An example of the water distribution and system monitoring showing the flow of water and amount of available sunlight for a similar PV power system is shown in Figure 6. Comparing data from multiple locations will allow for a comprehensive study of photovoltaic/water distribution systems across ranges of geography, humidity, elevation, and ecological conditions.

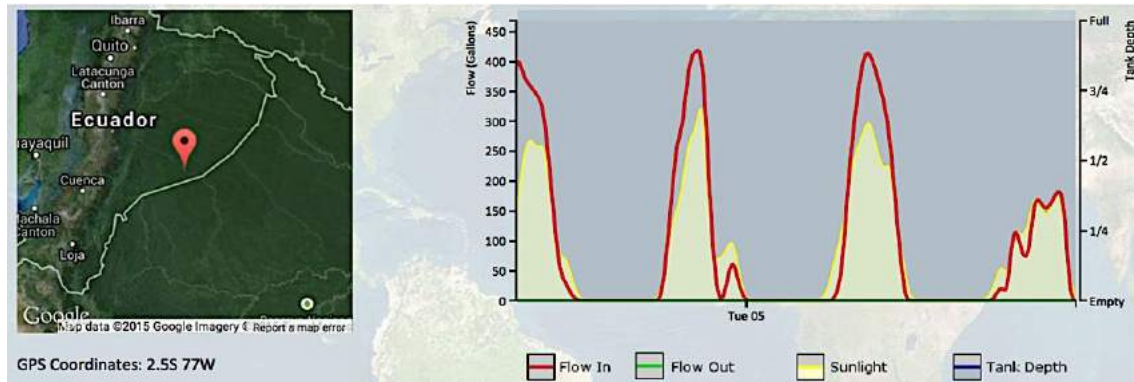


Figure 6: Water distribution and system monitoring for a similar system installation

5. NEW KNOWLEDGE

New knowledge that developed as a result of the project initially focused on the differences between USA and Ecuador codes and industry standards. The local codes were much more lenient; the original design that was per domestic codes could be executed by easier means and less expensive methods. As a result, more time could have been allocated to coordinating international material deliveries rather than on design specifics.

New knowledge was also gained in the area of fund allocation. Project-based student projects typically are often difficult to pursue because they must be non-profit, without out-of-pocket payment. However, there are various grant-funded programs that are structured toward towards these types of goal-specific projects. For students looking to pursue future projects, these service learning projects could be designed and executed to meet the specific requirements of a particular grant. In this particular case, a goal-specific grant made project planning narrow and well defined.

Service learning is a form of experiential education in which students work with others, applying what they have learned to solve community problems (Eyler 2002). The project presented a unique perspective to students in several ways. Much of the materials and equipment had to be outsourced from other countries since Ecuador didn't have access to as wide variety of materials as available in the USA. This brought new and unique challenges that students had to confront. The plumbing system was different due to the simplicity of a gravity-fed system. Other new knowledge included discovering the optimal design to get a pump to send water up a hillside and into storage tanks mounted on an elevated tower. This type of gravity-fed system had to be mounted high enough to develop sufficient head pressure to feed the water distribution system. If it were not high enough

above the water points, it would not supply enough pressure to produce adequate flow throughout the system.

6. MATERIAL AND EQUIPMENT

The electrical power and water distribution systems materials and equipment principally included the PV panels, conduit and wiring, pump system, water storage tank piping, distribution piping, and hose bib/shower connections. Both systems progressed very smoothly with few setbacks; all issues that developed were able to be resolved in the field. A list of principal materials and equipment is shown in Table 1; the total cost was approximately \$21,000 USD. Some of these costs were associated with grant funds; the remainder were collected from donors and local government authorities.

Table 1. Final costs for material and equipment

<u>Equipment/Material</u>	<u>Quantity</u>	<u>Cost (USD)</u>	<u>Shipping (USD)</u>	<u>Total (USD)</u>
PV Panels	2 each	\$ 500	\$ 500	\$ 2,000
Electrical Cable	300 feet	500	\$ 0	\$ 500
Pump	1 each.	\$ 3,300	\$ 0	\$ 3,300
Storage Tanks	2 each	\$ 400	\$ 200	\$ 1,200
Piping	1 lot	\$ 12,000	\$ 0	\$ 12,000
House Connections	17 each	\$ 100	\$ 0	\$ 1,700
			Total:	\$ 20,700

7. LESSONS LEARNED

A key lesson that resulted from the project is that the planning of an actual project is perhaps the most knowledge-promoting experience that a student can go through while in school. In order to make these opportunities achievable, it is important to remember and research what grant funding is available to deserving projects.

Many of the lessons learned came from the practical nature of the fieldwork. For example, the project team came across issues in the field from mistakes or miscalculations. By working with the materials that we had available and developing solutions we were able to overcome every obstacle. Much of the lessons learned included incorrectly measuring piping. Fortunately, the piping was very forgiving and easy to work with (as our team had little prior experience with its installation).

One last lesson learned- international paperwork processes are very lengthy and often create holds on a project that cannot be avoided.

8. APPLICATION OF NEW KNOWLEDGE

The students strongly encourage and promote organizations to offer funding to projects that meet specific criteria. By providing these opportunities, students are given the chance to spearhead projects and assume the role of a project manager while still in school. This allows them to acquire real-world experiences and knowledge before entering the

workforce. Projects that entail attention and dedication open a door to new knowledge that cannot be taught in a classroom. This type of project-based approach enables students to practice self-directed learning, to find solutions to design problems that are sustainable, and to recognize that they are part of a global community (Savage et al. 2007).

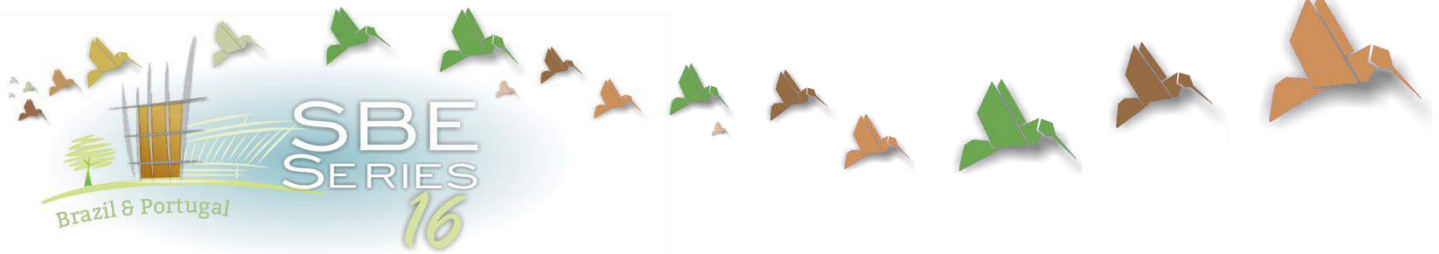
The new knowledge that developed could be applied to many future installations. This system design could be utilized for any project involving a need for clean water collection from an underground spring. Studies have concluded that service work encourages students to become more socially responsible, committed to serving their communities, empowered, and committed to their education (Borg 2008).

9. CONCLUSION

This project was an overall success and the amount of work our team was able to accomplish in such a short time was outstanding. The project itself was the experience of a lifetime with much hands-on work. It also was impactful to provide a clean water source to a village that had limited accessibility. Our team was very fortunate to work with an organization and partake in a project at the completion phase. Altogether, this project could not have been accomplished without the dedication from all parties involved.

REFERENCES

- Akikur, R. K. (2013) "Comparative study of stand-alone and hybrid solar energy systems suitable for off-grid rural electrification: a review", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 27: 738–752.
- Borg, J. P. & Zitomer, D. H. (2008) "Dual-Team Model for International Service Learning in Engineering: Remote Solar Water Pumping in Guatemala", *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 134(2): 178-185.
- Duffy, J. (2008) "Village Empowerment: Service Learning with Continuity Energy Engineering Program", *International Journal for Service Learning in Engineering*, vol. 3, No. 2: 1-17.
- Eyler, J. (2002) "Reflection: Linking service and learning - linking students and communities", *Journal of Social Issues*, 358, 517–534.
- Savage, R. N. et al. (2007) "Integrating Project-based Learning throughout the Undergraduate Engineering Curriculum", *Journal of STEM Education*, vol. 8: issues 3 & 4, June-December 2007.



Rio de Janeiro's Flash Flood Warning System

Marlus Newton de Oliveira

State Environmental Agency, Rio de Janeiro (RJ), Brazil

marlusnewton@gmail.com

Cinthia Avellar Martins

State Environmental Agency, Rio de Janeiro (RJ), Brazil

cinthiaavellar@inea.rj.gov.br

Ricardo Marcelo da Silva

State Environmental Agency, Rio de Janeiro (RJ), Brazil

rmsilva@inea.rj.gov.br

ABSTRACT: The present paper describes the path walked by the Environmental Agency of Rio de Janeiro (INEA) towards the implementation of a reliable weather forecast system in order to prevent impacts due to extreme events. In 2007 INEA started to acquire new equipment, extending its data collection net and aiming to create a flash flood warning system, through monitoring rain and river levels. It was a huge gain, but the system was only able to anticipate the events a few minutes before it happened, thus the agency decided to increment the forecast system with more robust equipment. In 2012 it started the proceedings to install weather radars. Nowadays, the net operated by INEA encompass 2 S-Band weather radars, installed at the cities of Rio de Janeiro and Macaé, capable of quantifying water in the atmosphere up to 250 km radius, which makes the State of Rio de Janeiro the first one in Brazil to have all its catchments covered by radar technology, including the neighbor States areas, besides 130 water levels and rain monitoring stations. This net provides data to the technical personnel, which interpret the collected information and contact the response teams in the municipal, state and federal levels, in case of need. Taking Quitandinha basin as an example, the mean lead time has significantly increased since the operation of the radar system. It was about 3 hours from 2011 to 2014 and increased to more than 6 hours during the last rainy season.

Keywords *Warning system, flash flood, weather radar*

1. INTRODUCTION

The State of Rio de Janeiro since long time has equipment measuring the quality of the water in a few specific spots, as the Guanabara Bay (where the data goes back 30 years). Besides these measurement spots there were a few others which collected information with regards to water levels, intended to provide data to water collection systems.

Those hydrometeorological stations were of conventional reading at first, but after 2000 some stations, especially those installed at Rio de Janeiro lowland area, were automatized and gained telemetric data transmission.

Due to extreme weather events, the environmental agency decided to extend such data collection net in order to create a system that would anticipate heavy rains and its consequences. That system would allow the authorities to inform the potentially affected areas and prevent the loss of lives and properties.

1.1 The beginning of Rio de Janeiro's Flash Flood Warning System

In 2007 the agency started to acquire new equipment to lively monitor the rain and water levels of rivers which were relevant to its drainage basin. In order words, considering limited resources, the agency chose to install the measurement stations in the most important water bodies.

Rio de Janeiro lowland area received the first warning system of the state in 2008, when INEA started using a few telemetric stations that were installed before. During the same year new telemetric stations were installed in Nova Friburgo, a municipality in the mountain area, which gave rise to the second warning system in the state. Later, in 2011, the monitoring spread to the north area of the state, where flood events are not so frequent, but affect large areas for many days.

Unfortunately, during that same year Brazil faced its greatest natural disaster, when large accumulated precipitation reached the mountainous region of Rio de Janeiro for several consecutive days, causing associated events of landslides and floods, taking hundreds of lives. After that, INEA inherited a weather station network from a research centre located in Petropolis, one of the most affected municipalities.

1.2 Rio de Janeiro's Weather Radars

The hydrometeorological stations were only able to anticipate an extreme event a few minutes before it happened. This means that, only after the water levels were significantly above the regular standards, it was possible for the Civil Defences to make the decision about an evacuation or other protection measures.

In this sense, the agency decided to increment the forecast system with more robust equipment. In 2012 it started the proceeding to install weather radars. The challenges to such idea were enormous and the doubts were vast: (i) What equipment to acquire? (ii) Should an environmental agency be responsible for weather forecast? (iii) Where would such expensive and complex equipment be installed? (iv) Which allocation could provide maximum coverage with minimum risks; (v) How would the agency operate and maintain such radars? Among several others.

The acquisition of the radars were only initiate after answering the aforementioned questions and the entire process took more than one year, considering the public tender proceedings, equipment and building erection, personnel training and actual operation of the facilities. All of this was funded by the World Bank.

1.3 Network new challenges

When a network becomes big, new challenges are faced. The first one is that it requires people enough to analyse the data, 24 hours a day, 7 days a week. In 2008 INEA entered into a contract in order to operate the System, however this contract only provided 3 meteorologists and 4 meteorology technicians, which allowed only 1 person each shift to monitor the entire state. When that contract was over, in 2015, a new one was signed and had 1 meteorologist coordinator, 3 meteorologists in shifts, 5 meteorology technicians in shifts, and 1 more meteorology technician working on business hours to maintain contact with 5 field maintenance technicians. That number of professionals allows 2 people each shift to analyse the data, operate the radars, send alerts and make reports.

It is now much better than before, but is still a challenge since the team has to evaluate each type of data separately (weather and hydrological stations, weather radars, lightning, satellite images). Thus, the team is evaluating softwares capable of integrate several types of data and make new products through them. There are some shelf solutions at the market and the one to be chosen shall be able to integrate other environmental data such as air quality and water quality and forest fire risk.

It is notable that the System's efficiency has increased, but we need a way to quantify such evolution, as part of INEA's compromise to the World Bank.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1 Flash flood alert system network

Currently there are 108 water levels monitoring stations (most of them with rain sensor too) and 42 rain monitoring stations (figure 1). This net provides data to the technical personnel, that interprets the collected information and contact the response teams in the municipal, state and federal levels, in case of need.

In addition to that, the net operated by the Environmental Agency of the State of Rio de Janeiro encompasses 2 S-Band weather radars, installed at the cities of Rio de Janeiro and Macaé, capable of quantifying water in the atmosphere up to 250 km radius, which makes the State of Rio de Janeiro the first in Brazil to have all its catchments covered by radar technology, including the neighbour States' areas.

Both the radars operations and data forwarding system work remotely, using a dedicated internet link between the radar sites and INEA. After receiving these data, INEA sends pre-determined products to some clients, as Rio de Janeiro City Alert System (that sends heavy rain and landslides alerts), the North of Rio de Janeiro State University (research in meteorology), among other partners. All of it is possible because the data provided by the radars allow multiple kinds of use, therefore Rio de Janeiro's government encourages data sharing, especially for the prevention of natural disasters.



Figure 1. Flash flood alert system network. Source: INEA, 2016

2.2 Flash flood alert system protocol

The flash flood watch system works following three steps. The protocol is described in figure 2.

- 1) The flash flood alert system has a network of telemetric stations and weather radars that send data in real time, regarding rain and river level.
- 2) In the situation room, meteorologists and meteorology technicians monitor the weather and river levels 24 hours a day, every day.
- 3) When there is heavy rain or overflow forecast, INEA sends alerts via SMS to civil defence agents and registered population.

Stage	Situation
Vigilance	No significant rain forecast that could cause rivers level elevation.
Attention	River level elevation is possible because of rain occurrence.
Alert	Elevation above normal level of a monitored river, with elevation forecast.
Maximum alert	Imminent overflow of a monitored river, with elevation forecast.
Overflow	Overflow of a monitored river registered.

Figure 2. Flash flood alert system protocol. Source: INEA, 2016

Every alert emitted is registered at a spread sheet, which contains the time when it happened, the watershed, municipality, station, river and the warning level sent, like the example of figure 3.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	PROCESS	WATERSHED	MUNICIPALITY	STATION	RIVER	ATTENTION	ALERT	MAXIMUM ALERT	OVERFLOW	VIGILANCE
2	201603030315	Piabanha	Petrópolis			201603030315				201603041055
3	201603041935	Baía da Ilha Grande	Angra dos Reis			201603041935				201603050140
4	201603061912	Médio Paraíba do Sul	Barra Mansa	Fazenda Escola UBM	Barra Mansa	201603061912	201603062229	201603070025		-
5		Médio Paraíba do Sul	Barra Mansa	Fazenda Escola UBM	Barra Mansa	-	201603070930			201603072120
6	201603071350	Piabanha	Petrópolis			201603071350				201603080145
7	201603071445	Rio Dois Rios	Nova Friburgo			201603071445				201603080145
8	201603081912	Piabanha	Teresópolis	Comari	Paquequer	201603081912	201603081930			201603090535
9	201603102115	Baía de Guanabara	São João de Meriti			201603102115				201603110921
10		Baía de Guanabara	Duque de Caxias	Santa Cruz da Serra	Saracuruna	201603102115	201603102145			201603110921
11	201603111045	Piabanha	Petrópolis			201603111045				201603112330
12	201603111155	Piabanha	Teresópolis			201603111255				201603112330
13	201603121350	Baía de Guanabara	Nova Iguaçu			201603121350				201603130610
14		Baía de Guanabara	São João de Meriti	Cet Meriti	Pavuna	201603121350	201603122010			201603130610
15	201603121350	Baía de Guanabara	Duque de Caxias	Santa Cruz da Serra	Saracuruna	201603121350	201603121640			201603130610
16		Baía de Guanabara	Magé			201603121350				201603130610
17		Guandu	Paracambi			201603121350				201603130610
18	201603121740	Médio Paraíba do Sul	Barra Mansa	Barra Mansa	Barra Mansa	201603121730	201603122030			201603130610
19		Macaé e Das Ostras	Macaé	Barra do Sana	Sana	201603121740	201603122015			201603130610
20	201603121750	Macaé e Das Ostras	Macaé	São Pedro	São Pedro	201603121740	201603122025			201603130610
21		Piabanha	Petrópolis			201603121750				201603130610
22	201603131615	Baía de Guanabara	Duque de Caxias			201603131615				201603132053
23	201603151405	Piabanha	Petrópolis	Cel Veiga	Quitandinha	201603151405	201603151725	201603151730	201603151745	201603160145
24	201603151635	Piabanha	Teresópolis			201603151635				201603160145
25	201603151835	Baía de Guanabara	Duque de Caxias	Santa Cruz da Serra	Saracuruna	201603151835	201603151850			201603160550

Figure 3. Warning process for March, 2016. Source: INEA, 2016

2.3 Contingency table method

One of the big issues we wanted to minimize is the false alarm rate, therefore we have used the contingency table method (table 1) in order to quantify some statistic indexes and assess the system accuracy (Murphy, 1993). The numbers of alerts sent in the past 4 years are show in table 2.

Table 1. Contingency table

		Event Observed		
		Yes	No	Total
Event Forecasted	Yes	A	B	A + B
	No	C	D	C + D
Total		A + C	B + D	A + B + C + D = N

Where: A = Hits; B = False alarms; C = Misses; D = Correct negatives

Table 2. Total number of alerts sent

2012				2013			
LowlandArea				LowlandArea			
Attention	Alert	MaximumAlert	Overflow	Attention	Alert	MaximumAlert	Overflow
63	7	2	2	59	8	7	4
MountainArea				MountainArea			

Attention	Alert	MaximumAlert	Overflow	Attention	Alert	MaximumAlert	Overflow
114	5	3	2	133	8	8	7
North Area				North Area			
Attention	Alert	MaximumAlert	Overflow	Attention	Alert	MaximumAlert	Overflow
47	2	2	1	61	5	4	4
2014				2015			
LowlandArea				LowlandArea			
Attention	Alert	MaximumAlert	Overflow	Attention	Alert	MaximumAlert	Overflow
49	4	3	1	38	5	4	2
MountainArea				MountainArea			
Attention	Alert	MaximumAlert	Overflow	Attention	Alert	MaximumAlert	Overflow
106	10	5	4	85	5	4	1
North Area				North Area			
Attention	Alert	MaximumAlert	Overflow	Attention	Alert	MaximumAlert	Overflow
30	0	2	1	14	0	0	0

2.4 Lead Time

Another point likely to improve with the use of radars is the lead time on sending alerts. Cel. Veiga station, located in Quitandinha river basin, was selected considering it is the one for which the greatest number of alerts is emitted.

We could not expect a great lead time for this station considering the small size of its contribution area (13 Km²), in a downhill area. In this sense a hydrograph analysis was used to quantify some parameters, such as its response time, using LENCASTRE & FRANCO's (1984) proposal described in figure 4.

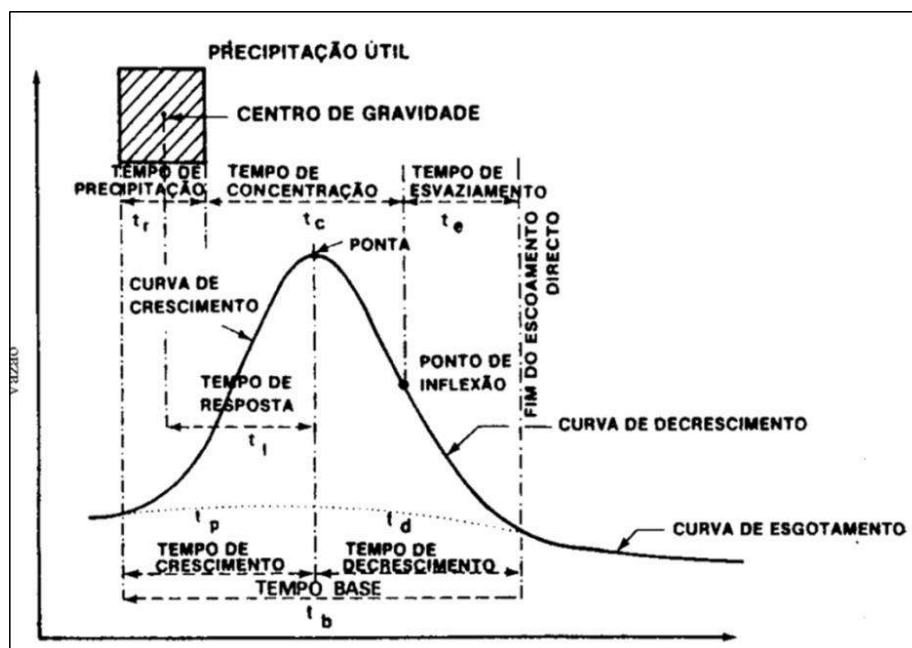


Figure 4. Hydrograph analysis model. Source: LENCASTRE & FRANCO, 1984

After that, all of the alert protocol to Cel. Veiga's station were listed and separated, taking into account two periods: (i) between the date of its installation to 2015's dry season; and (ii) 2015-2016's rain season. All the processes are listed in table 3.

Table 3. Alert processes for Cel. Veiga station

2013 - 2015	Day	ATTENTION	ALERT	MAXIMUM ALERT	OVERFLOW	VIGILANCE
1	20/01/2013	201301201225	201301201554	201301201612	201301201600	201301210755
2	05/03/2013	201303051505	201303052015	201303052025	201303052045	201303070800
3	09/03/2013	201303091700	201303091750	201303091800	201303091845	201303102308
4	17/03/2013	201303171405	201303171600	201303171700	201303172015	201303191540
5	22/03/2013	201303221405	--	201303221520	201303221515	201303222140
6	23/03/2013	201303231215	201303231455	201303231508	201303231500	201303240850
7	02/04/2013	201304021320	--	201304021925	201304021915	201304030755
8	17/05/2013	201305170650	201305171010	201305171025	201305171045	201305180950
9	22/10/2013	201310220254	--	201310220400	201310220345	201310220725
10	17/11/2013	201311171410	201311171525	201311171535	201311171545	201311180800
11	05/12/2013	201312051610	201312051800	201312052251	201312052300	201312060720
12	08/03/2014	201403081455	201403081828	201403081838	201403081830	201403091000
13	28/03/2014	201403281330	201403281605	201403281605	201403281600	201403281940
14	23/04/2014	201404231445	--	201404231520	201404231530	201404241050
15	24/04/2014	201404241230	--	201404241615	201404241600	201404250945
16	30/12/2014	201412301720	201412301850	--	201412301900	201412310635
17	08/02/2015	201502081625	201502081705	--	201502081715	201502090400
2015 - 2016	Day	ATTENTION	ALERT	MAXIMUM ALERT	OVERFLOW	VIGILANCE
18	29/11/2015	201511291410	2010511291455	--	201511291545	201511300526
19	15/01/2016	201601151435	201601151515	201601160028	201601160035	201601161246
20	27/01/2016	201601271450	--	201601271500	201601271515	201601271950
21	11/02/2016	201602110945	--	201602111905	201602111910	201602120710
22	16/02/2016	201602161700	201602161735	201602161815	201602161830	201602170540
23	20/02/2016	201602201641	201602201849	201602201901	201602201908	201602210605
24	28/02/2016	201602281435	201602281635	201602281645	201602281700	201602290500
25	29/02/2016	201602291230	201602291610	201602291635	201602291645	--

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 False Alarm Rate

In accordance with the methodology adopted herein, a false alarm happens when, after issuing a maximum alert, an overflow event does not occur. A false alarm situation can happen for multiple factors, including the decrease of the rain, inaccuracy of the data and lack of information with regards to the basin contribution area and runoff characteristics.

As can be seen by the figure 5, the false alarm rate was calculated for the last 4 years considering the progress between all the steps and the values such as displayed below.

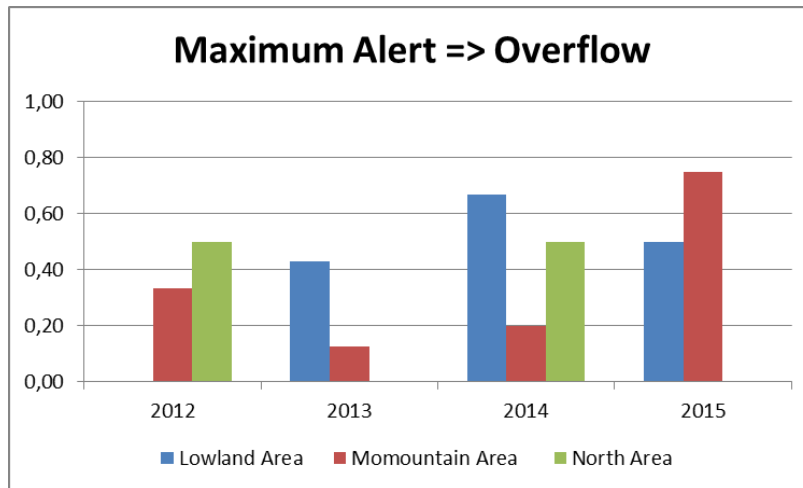


Figure 5. False alarm rate between Maximum Alert and Overflow. Source: INEA, 2016

The figure above shows that there is still room for improvement in the State's forecast system, despite the recent expansion of the net. In this sense, it is important to note that the acquisition of new and more modern equipment were steps needed to be taken in the past.

Nowadays, however, it is important to provide new products from the data collected by the radars and monitoring stations. In others words, although the equipment may be able to provide a significant amount of raw data, the agency should be able to extract more information by means of more sophisticated interpretation proceedings.

In this sense, information such as contribution area and runoff coefficients, for example, can help to improve the forecast interpretation methodology as well as the system's accuracy. The knowledge of whole characteristics of the watershed is the main factor to decrease the number of false alarms.

In addition to that, we also need to be able to interpret and cross exam different types of data, such as weather conditions, water levels and basin characteristics, for example.

3.2 Lead Time to Quitandinha

In order to estimate some hydrological parameters using the hydrograph method, we have analysed the most important overflow cases for Cel. Veiga station during the last rain season. Table 4 give us all hydrological parameters estimated for this station and Figure 6 shows an example of the analysis.

Table 4. Hydrological parameters estimated Lead time for Cel. Veiga station during 2015-2016 rain season. Source: INEA, 2016

Date	Rainfall duration (Tr) [h]	Basin Lag (Tp) [h]	Response time (Ti) [h]	Time of concentration (Tc) [h]	Emptying time (Te) [h]	Decreasing Time (Td) [h]	Useful rainfall (p) [mm]
02/01/2016	02:15	02:45	01:15	03:15	04:15	07:30	24,75
27/01/2016	00:30	00:45	00:45	01:15	02:45	04:00	15,50
28/02/2016	00:15	00:30	00:30	01:15	01:15	02:30	42,70
29/02/2016	03:15	03:30	01:30	03:45	06:00	09:45	33,50

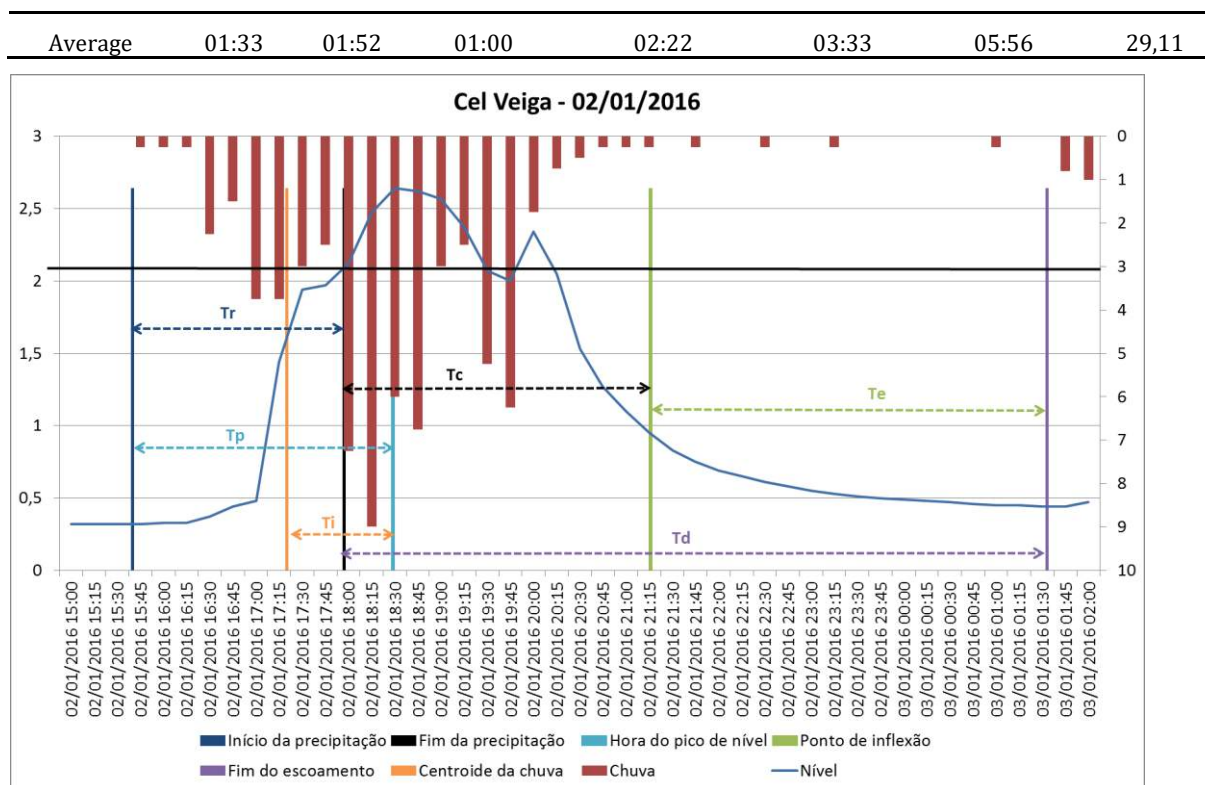


Figure 6. Hydrograph analysis to Cel. Veiga station in January, 2016. Source: INEA, 2016

After assessing the results from table 4, it is clear that Quitandinha basin has a small response time (1h) and is vulnerable to overflows during events with moderate rain amounts (~20mm/h). The growth line is very steep (figure 6) and it takes just 1 hour to change between a normal to an overflow level. It happens because of the small size of the basin and the slope geography of the area.

Taking this into account, we have compared the time between Petrópolis city receiving an attention warning and the overflow of Quitandinha's river. The results are shown in tables 5 and 6 and are separated in accordance with the periods before and after the radar system implementation.

Table 5. Lead time for Cel. Veiga station after the radar system. Source: INEA, 2016

2013 - 2015	PROCESS	Lead Time before Radar System	2013 - 2015	PROCESS	Lead Time before Radar System
1	201301201225	03:35	10	201311171410	01:35
2	201303051505	05:40	11	201312051610	06:50
3	201303091700	01:45	12	201403081455	03:35
4	201303171405	06:10	13	201403281330	02:30
5	201303221405	01:10	14	201404231445	00:45
6	201303231215	02:45	15	201404241230	03:30
7	201304021320	05:55	16	201412301720	01:40
8	201305170650	03:55	17	201502081625	00:50
9	201310220254	00:51	Median Lead Time		03:07

Table 6. Lead time for Cel. Veiga station after the radar system. Source: INEA, 2016

2015 - 2016	PROCESS	Lead Time after Radar System	2015 - 2016	PROCESS	Lead Time after Radar System
18	201511291410	01:35	23	201602201641	02:27
19	201601151435	09:00	24	201602281435	02:25
20	201601271450	00:25	25	201602291230	04:15
21	201602110945	09:25	Median Lead Time		06:52
22	201602161700	01:30			

Comparing the average lead time before and after the radar system operation, it has grown from ~3h to ~7h. It probably happened because of the radars' capability of monitoring the rain over the entire basin, which shows the importance of the acquired equipment and its proper operation.

4. CONCLUSION

As seen by the results presented above, despite the improvement of the monitoring net operated by the State Agency, there is still room for improvement. The scenarios assessed in this study show that the acquisition of more data does not necessary generate more accuracy to the system, which can be caused by the need of more sophisticate interpretation methodology.

On the other hand, the equipment made possible to increase the lead time more than twice, anticipating extreme events and the issuance of alerts to vulnerable neighborhoods. Such increased lead time provided more safety for the potentially affected population and the decrease of risks for human life and properties.

The next steps to be taken by the Agency should encompass data integration (radar, lightning, river levels and rain gauge) and hydrologic modeling of the watersheds using radar data and nowcast (Demerit et al., 2013). Both measures would help to reduce the false alarm rate and increase the lead time.

REFERENCES

- LENCASTRE, A. & FRANCO, F. M., 1984. *Lições de hidrologia*, Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Portugal.
- Instituto Estadual do Ambiente (INEA). Sistema de Alerta de Cheias. <http://www.inea.rj.gov.br/Portal/MegaDropDown/Monitoramento/Centrodemonitdedesastresamb/Alerta de Cheias/index.htm&lang=>. Accessed 07/01/2016.
- Murphy, A.H., 1993: *What is a good forecast?* An essay on the nature of goodness in weather forecasting. *Wea. Forecasting*, 8, 281-293.
- Demeritt, D., Nobert, S., Cloke, H.L., Pappenberger, F. (2013) *The European Flood Alert System and the communication, perception, and use of ensemble predictions for operational flood risk management*. *Hydrological Processes*. 27: 147-157. DOI: 10.1002/hyp9419.

Avaliação das propriedades de blocos de concreto intertravados, com estudo comparativo de misturas adicionadas de borracha de pneus inservíveis e resíduos de Construção e demolição

Natália Barros Vianna de Oliveira

*Centro Universitário de Brasília - UniCEUB, Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas – FATECS, Brasília (DF), Brazil
nataliabvoliveira@gmail.com*

Paulo Henrique de Sousa Pereira

*Centro Universitário de Brasília - UniCEUB, Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas – FATECS, Brasília (DF), Brazil
paulohsousap@gmail.com*

Jairo Furtado Nogueira

*Centro Universitário de Brasília - UniCEUB, Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas – FATECS, Brasília (DF), Brazil
jairo.nogueira@uniceub.br*

ABSTRACT: Este trabalho apresenta um modelo de bloco de concreto com a utilização de pneus inservíveis no meio ambiente, no qual valoriza a vertente da sustentabilidade na construção civil. No projeto proposto, foram utilizados os materiais não convencionais: pneu e areia de resíduos de construção e demolição (RCD), com agregado e objetivo de analisar um padrão aceitável para a utilização deles na massa de concreto. Os traços utilizados foram adequados para a verificação da fôrma projetada para o bloco, exigindo uma umidade ideal para alcançar o desempenho almejado para o processo de fabricação. Procurou-se comparar uma mistura convencional de bloco de concreto com uma mistura substituindo parte da brita por borracha triturada de pneus e areia de resíduo de construção e demolição (RCD), realizando ensaios de caracterização dos materiais, de compressão simples e teste da fôrma. Foi mostrado onde existem pontos mais frágeis, que necessitam de um maior cuidado na hora da fabricação, desforma e transporte do bloco. A pesquisa enfatiza a importância da vibração para a execução correta dos blocos confeccionados, diminui o tempo de produção e facilita o adensamento, sempre respeitando as normas exigidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) relacionadas a este estudo.

Keywords *Bloco de concreto; pneu; intertravamento; concreto sustentável; sustentabilidade; areia de RCD.*

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos tempos, após o ser humano diagnosticar que o planeta está sendo prejudicado por suas próprias ações, surgiu a necessidade de se amenizar os impactos que os resíduos geram no meio ambiente, nascendo assim, basicamente, o conceito de sustentabilidade.

Diariamente, uma quantidade de pneus é descartada em locais indevidos, gerando áreas de proliferação de doenças e de poluição do meio ambiente.

Após muito estudo, e a realização de vários ensaios, os resultados mostram que a utilização deste tipo de material não convencional é recomendada na construção civil, auxiliando dessa forma na despoluição do meio ambiente, e no desenvolvimento de novas tecnologias nesta área.

2. OBJETIVO

Como forma de contribuir para os estudos desses materiais não convencionais, este trabalho tem como objetivo principal avaliar o desempenho de traços de concreto para blocos, misturados com partículas de pneu e areia de resíduo de construção e demolição (RCD) por meio de ensaios de resistência a compressão e de caracterização dos materiais utilizados.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Blocos de Concreto

O mercado da construção civil oferece opções de tijolos e blocos feitos com diferentes matérias-primas e tamanhos. Divididos em duas categorias: estruturais ou de vedação, sistemas responsáveis pela qualidade da construção e pelos gastos gerados na obra. Nesse trabalho optou-se em desenvolver o estudo com o bloco de concreto devido o processo de fabricação das peças não necessitar da queima, seguindo todas as normas descritas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

3.2 Tipos de Cimento

De acordo com a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) há diferentes tipos de cimentos disponíveis no Brasil, o que confere uma grande variedade de opções para todos os tipos de obra. Os cimentos citados pela ABCP são descritos na Tabela 1:

Tabela 1 – Tipos de Cimento. Fonte: ABCP, 2013.

Tipo de Cimento	Adições	Sigla	Norma
Cimento Portland Comum	Escória, pozolana ou filer (até 5%)	CP I-S 32	5732
		CP I-S 40	
	Escória (6-34%)	CP II-E 32	
		CP II-E 40	
Cimento Portland Composto	Pozolana (6-14%)	CP II-Z 32	11578
	Filer (6-10%)	CP II-F 32 CP II-F 40	
Cimento Portland de Alto-Forno	Escória (35-70%)	CP III 32	5735
		CP III 40	
Cimento Portland Pozolânico	Pozolana (15-50%)	CP IV 32	5736
Cimento Portland de Alta Resistência Inicial	Materiais carbonáticos (até 5%)	CP V-ARI	5733
Cimento Portland Resistente aos Sulfatos	Estes cimentos são designados pela sigla RS. Ex.: CP III-40 RS, CP V-ARI RS		5737

3.2.1 Conceitos relacionados aos cimentos CP III e CP IV

O consumo apreciável de energia durante o processo de fabricação de cimento motivou mundialmente a busca de medidas para reduzir o consumo energético. Uma das alternativas de sucesso foi o uso de escórias granuladas de alto-forno e materiais pozolânicos na composição dos chamados CP III - Cimento Portland de Alto-Forno e CP IV - Cimento Portland Pozolânico respectivamente.

3.3 Materiais não convencionais

3.3.1 Pneu

Por volta de 1830, Charles Goodyear, descobriu acidentalmente que a borracha cozida a altas temperaturas com enxofre, mantinha suas condições de elasticidade no frio ou no calor. Estava descoberto o processo de vulcanização da borracha que, além de dar forma ao pneu, aumentou a segurança nas freadas e diminuiu as trepidações nos carros. Mesmo sendo o pioneiro no conhecimento da tecnologia, foram os irmãos Michelin, em 1845, que patentearam o pneu para automóvel.

As etapas iniciais de desenvolvimento dos pneus (Figura 2) ainda passaram pelo feito do inglês Robert Thompson que, em 1847, colocou uma câmara cheia de ar dentro dos pneus de borracha maciça. No final do século XIX, as fábricas passaram a investir mais em segurança, já que a utilização do pneu havia aumentado consideravelmente.



Figura 2 – Estrutura de um Pneu. Fonte: Website Low Cost Pneus, 2013.

No Brasil, por ano, mais de 30 milhões de pneus inservíveis surgem no país. Já nos Estados Unidos, de acordo com Orsi & Simon (2007), esse número chega a aproximadamente 200 milhões. Esses dados motivaram ainda mais a necessidade do estudo de um destino alternativo para este material que não seja o seu descarte ao meio ambiente.

Conforme a legislação do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), com a resolução nº 416 de 2009, que revoga as resoluções nº 258 de 1999 e nº 301 de 2002, os pneus são de responsabilidade do fabricante por todo o ciclo da mercadoria, desde a produção, quanto a sua destinação final.

Em muitos casos, a utilização de materiais reciclados na construção civil, se mostram satisfatórios tanto econômico como tecnicamente para o reaproveitamento da matéria-prima (Prado, 2006).

4. METODOLOGIA

Para a realização das pesquisas e ensaios, foram utilizados os materiais e equipamentos apresentados na Figura 4. Observa-se:

1 - Areia fina; 2 - Areia de RCD; 3 - Brita 0; 4 - Cimento CP III 40 RS; 5 - Betoneira CSM 145L; 6 - Betoneira MB 120L; 7 - Fôrma Própria; 8 - Mesa vibratória; 9 - Peneirador eletromagnético; 10 - Conjunto de peneiras; 11 - Desmoldante; 12 - Verniz; 13 - Madeira MDF.



Figura 4 – Materiais e equipamentos utilizados na pesquisa. Fonte: Própria autoria, 2013.

Para este estudo, foram feitos ensaios de caracterização dos agregados utilizados (areia fina e de RCD, brita e borracha) e de resistência a compressão simples, baseados na norma NBR 7184/1992 da ABNT.

Os ensaios foram executados nos laboratórios do Centro Universitário de Brasília - UniCEUB (campus Asa Norte) e nos laboratórios do Instituto Federal Brasília - IFB (campus Samambaia).

Foram adotados os seguintes materiais para compor a massa de concreto para confecção dos blocos:

- Brita: os ensaios foram realizados com a brita zero normal, porém existe a ideia de substituir essa brita comum, pela brita de RCD estrutural, e comparar os resultados (bem como a utilização de seixo em substituição da brita);
- Areia: a areia utilizada foi a areia lavada;
- Cimento: o cimento utilizado foi do tipo CP III, uma vez que é mais sustentável quando comparado ao CP II normalmente utilizado na construção civil;
- Pneu: esse material foi utilizado triturado (Figura 9).



Figura 9 – Borracha de pneu triturado usado na pesquisa. Fonte: Própria autoria, 2013.

Foi realizado o ensaio de massa específica dos materiais utilizados na mistura:

- Brita: 1,454 g/cm³; Areia de RCD: 1,407 g/cm³; Areia Lavada Fina: 2,659 g/cm³;
Pneu: 0,357 g/cm³.

Para a realização do ensaio de compressão simples, primeiramente é necessário a moldagem dos corpos-de-prova de concreto. Nesse processo foi utilizado o seguinte traço em massa: cimento: 1; areia: 4,75; brita: 2,7; borracha: 0,30 e fator água cimento de 0,91.

Esse traço leva a porcentagem de 10% de borracha triturada de pneus em sua composição. Essa escolha foi devido à melhor resistência a compressão simples em corpo de prova cilíndrico realizado anteriormente na fabricação dos blocos elaborada nessa pesquisa.

Na pesquisa, utilizou-se os métodos normatizados pela ABNT, para a fabricação dos blocos de concreto, utilizando haste de metal com tamanho e peso pré-determinados para compactar o material com o traço desejado. Constatou-se uma maior homogeneidade na mistura, e conseqüentemente um menor número de vazios.

Na realização da confecção dos corpos de prova cilíndricos de concreto, notou-se que um bom resultado não era alcançado, sendo observado este fato também na confecção dos blocos, que por vezes não apresentaram homogeneidade quando desformados. Tal acontecimento forçou à mudança da escolha do traço.

O concreto utilizado em blocos tem como característica ser muito seco. Foi observado a existência de diversos vazios nos corpos de prova, o que prejudica a resistência do material. Ficando ainda mais difícil com a presença da incorporação da borracha.

Uma das intenções da pesquisa foi prezar pela conservação do meio ambiente juntamente com as suas preciosas matérias primas.

Foi utilizado como o ligante do concreto, o cimento CP III 40 RS, visto que, este possui em sua composição até 70% de escória de alto-forno e apresentar após 24 horas, uma resistência de 38% a mais do que os cimentos comuns. Além de na sua composição utilizar uma menor quantidade de clínquer, o que permite a diminuição da quantidade de material a passar por um forno à 1450°C para virar cimento, diminuindo assim a quantidade de CO₂ liberado por saco de cimento, quando comparado ao CPII.

Inicialmente, o traço utilizado nessa pesquisa para a incorporação da borracha e o teste da fôrma desenvolvida na produção dos blocos de concreto, foi o mesmo utilizado por Nogueira (2013). Em seu trabalho, este foi o traço com a menor quantidade de água, característica

importante para a confecção dos blocos de concreto.

A composição do traço referido se define em volume por:

- 2,3L de pneu; 18,4L de brita; 12,2L de areia de RCD; 10Kg de cimento; 5L de água.

Após a mistura e confecção dos corpos de prova, verificou que o traço, apesar de ser considerado o mais seco no trabalho desenvolvido por Nogueira (2013), estava muito úmido, não atendendo às necessidades para a confecção dos blocos. Isso se deve a variabilidade do material frezado (areia de RCD) e pela presença da borracha.

O segundo traço ensaiado foi realizado com base no trabalho científico de Santos & Borja (2005), onde o traço escolhido foi o que obteve a melhor resistência a compressão com a adição de partículas de pneu incorporado ao concreto. O fator água/cimento também foi utilizado como base para a realização desse traço. O interesse desse ensaio de mistura era encontrar a quantidade ideal de água e borracha, além de testar os encaixes da fôrma do bloco proposto. A mistura utilizada nessa pesquisa foi a incorporação de 10% de borracha em massa.

O traço de Santos & Borja (2005) com o fator água/cimento de 0,91 foi detalhado em massa como: cimento: 1; areia: 4,75; brita: 2,7; borracha: 0,30.

Antes da confecção dos blocos de concreto, foram realizados os corpos de prova cilíndricos de 0,10m de diâmetro e 0,20m de altura conforme norma da ABNT.

Para a confecção do bloco de concreto na fôrma proposta nessa pesquisa, não foi utilizado nenhum equipamento específico para a sua compactação. O método adotado para o lançamento da massa de concreto foi manter uma altura padrão com o auxílio de uma colher de pedreiro, sendo espalhada em todo o molde do bloco de concreto. Após o enchimento do molde, foi preciso aplicar uma energia, batêdo-o o molde no chão de forma a compactar a massa de concreto, evitando assim a possível formação de vazios.

Foi repetido a concretagem da mistura utilizando o segundo traço pois este já havia sido utilizado para a confecção de três blocos mostrando uma boa interação dos materiais utilizados. Com a sobra, foram confeccionados três moldes para nortear os futuros traços.

Perante essa quantidade de amostra, não se obteve uma avaliação confiável. Os resultados obtidos para esse traço até então foram os melhores obtidos nessa pesquisa, e a opção foi refazer esta mistura para atingir dados mais confiáveis.

Para a terceira fase de confecção dos blocos de concreto, permaneceu-se com o mesmo traço, porém a discussão ficou na questão da forma de compactação para diminuir a quantidade de vazios. Desta maneira constatou-se um aumento da resistência à compressão dos blocos.

Para essa melhor compactação, foi utilizado um aparelho com a função de vibrar os corpos de prova. A máquina utilizada foi o peneirador eletromagnético.

Os procedimentos adotados são os citados:

- Preencher os corpos de prova sem nenhum tipo de compactação;
- Colocar durante dois minutos no peneirador eletromagnético para vibrar;
- Completar os corpos de prova com a mistura;
- Colocar novamente na máquina para vibrar, desta vez por um minuto;

- Deixar os corpos de prova por 24 horas na câmara úmida, para depois desformar;
- Molhar os corpos de prova em dias intercalados, e conservar na câmara úmida.

Para se comparar com o traço anterior, foi utilizada a mesma mistura analisada, porém sem a substituição de 10% da brita por borracha. Esse traço contém a mesma quantidade de areia e o mesmo fator de água/cimento. A variação se deu somente na quantidade de brita e de borracha, que possui a soma entre elas constante.

Após a análise dos traços, foi decidido testar a mistura na fôrma para descobrir a forma mais eficiente na confecção dos blocos.

Inicialmente, pensou-se que fosse possível compactar manualmente. Inúmeras tentativas foram realizadas, mas sem sucesso. O processo foi iniciado com um número de golpes baixo para a compactação, porém a eficiência foi ínfima. Os blocos não adensavam corretamente, comprometendo assim a resistência do exemplar.

Ficou nítido que a utilização de uma mesa vibratória foi a melhor opção e foi escolhida na pesquisa para exercer essa função de compactação.

5. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

Pode-se ressaltar a importância da utilização de uma mistura mais seca que o concreto convencional, normalmente utilizado em lajes e pilares, por exemplo. Com essa mistura homogênea pouco úmida e com a vibração ideal, o bloco toma seu formato mais facilmente, e observa-se a diminuição de vazios, acarretando em um aumento de resistência.

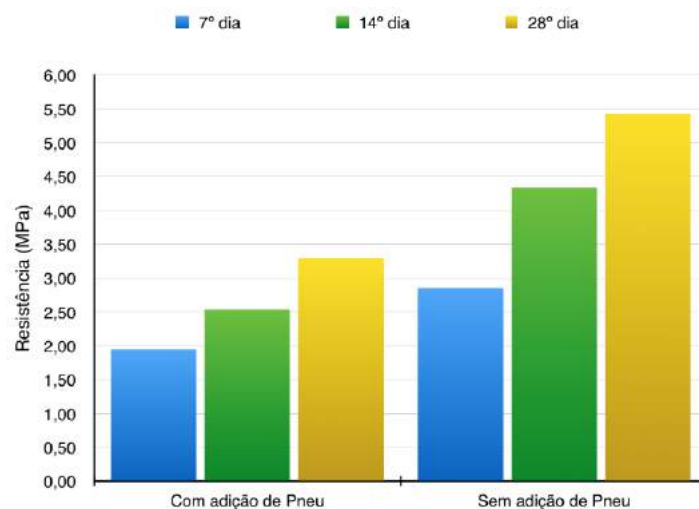
Como se teve um traço base, mas os materiais não foram exatamente os mesmos utilizados na pesquisa de Santos e Borja (2005), os resultados foram outros, mas superaram as expectativas, já que a mistura com borracha conseguiu atender à norma da ABNT - NBR 7173/1982 - Blocos vazados de concreto simples para alvenaria sem função estrutural.

5.1 Resultados dos Ensaios de Resistência

O Gráfico 2 apresenta o estudo comparativo das resistências alcançadas com os traços com e sem a adição de pneu.

Observa-se que com a adição do pneu, a resistência atinge a marca superior a 3,0 MPa, valor considerável para a construção civil.

Gráfico 2 – Comparativo das resistências de misturas com e sem substituição de 10% da brita 0 pela borracha.



Fonte: Própria autoria, 2013

Baseado nos resultados que foram positivos, indica-se a utilização de RCD aos modos desta pesquisa em obras de engenharia civil.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa desenvolvida confirma a importância da utilização de pneus inservíveis descartados pelo homem no meio ambiente. Ao mesmo tempo, auxilia na diminuição da retirada de matéria-prima de recursos naturais necessários para o preparo da massa de cimento na construção civil. Com isso, contribui e estimula a utilização da vertente da construção sustentável. Além disso, coopera para o decréscimo do acúmulo de pneus em aterros, ajudando a eliminar um problema de saúde pública atual.

Para atingir os objetivos dessa pesquisa foram realizados levantamentos bibliográficos relacionados ao tema, que auxiliaram e direcionaram este estudo. De acordo com Silva & Okimoto (2009), surge a idéia de um novo ramo de empreendimento com o uso de pneus inertes no cimento. Os autores relatam que hoje existe uma atual fonte de lucros para empresas recauchutadoras e responsáveis pelo descarte de pneus. Sendo possível vender os resíduos da borracha para firmas terceirizadas que comercializam e utilizam o pneu como matéria-prima.

Dessa forma, recomenda-se o incentivo do uso do pneu como material não convencional na engenharia civil, sendo importante persistir e motivar a sua utilização apesar da rejeição existente no mercado tradicional, que sente receio em aderir conceitos e concepções diferentes das usuais. Além disso, se faz necessário encorajar a conscientização e a aceitação de métodos sustentáveis na vida cotidiana de trabalhadores, fabricantes, empreiteiros, empresários e outros envolvidos na construção civil e correlatos.

É necessário ressaltar que o traço com borracha desenvolvido na pesquisa, incorporou materiais diferentes dos utilizados convencionalmente. E mais do que isso, não só atingiu as expectativas, como ultrapassou com notabilidade as resistências exigidas na norma da ABNT - NBR 7173/29182, para bloco de concreto não estrutural.

REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1992. *NBR 7184: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Determinação da resistência à compressão*. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. Origem Projeto MB-116/1991. Rio de Janeiro: Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1982. *NBR 7173: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria sem função estrutural*. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. Origem Projeto EB-50/1974. Rio de Janeiro: Rio de Janeiro.
- Nogueira, L. G. S. 2013. *Utilização de RCD na confecção de um traço sustentável*. Centro Universitário de Brasília. Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas. Departamento de Engenharia Civil. Distrito Federal: Brasília.
- Portal ABCP. 2009. Website da Associação Brasileira de Cimento Portland. São Paulo: Jaguaré. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/>>. Acesso em: 12 dez. 2013.
- Prado, D. M. 2006. *Propriedades físicas e mecânicas de blocos estruturais produzidos com agregados reciclados de concreto*. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Estruturas. São Paulo: São Carlos.
- Resolução CONAMA nº 416. 2009. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Revoga as Resoluções nº 258/1999 e nº 301/2002. Publicada no DOU nº 188. 1 de outubro de 2009. Legislação: 30 de setembro de 2009. Origem: 02000.000611/2004-15. Brasil.
- Santos, E. A., & Borja, E. V. 2005. Investigação experimental de traços para blocos de concreto para alvenaria de vedação com adição de resíduos de pneus reciclados. Curso de tecnologia em produção da construção civil e tecnologia em materiais. Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte. Rio Grande do Norte: Natal.
- Santos, A. V., & Borja, E. V. 2007. *Avaliação das propriedades mecânicas de blocos intertravados com resíduo de pneu reciclado*. Curso de tecnologia em construção de edifícios. Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte. Rio Grande do Norte: Natal.
- Silva, T. D. R., & Okimoto, F. S. 2009. *Resíduos de pneu inservíveis na construção civil*. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP. IN: Encontro Nacional, 5. e Encontro Latino-Americano, 3. sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis - ELECS. 28 - 30 de outubro de 2009. Pernambuco: Recife.



Normative references and instruments for flexible housing design in Brazil

Raquel Regina Martini Paula Barros

Methodist University of Piracicaba, School of Engineering, Architecture and Urbanism, Santa Bárbara D'Oeste (SP), Brazil

rpaulabarros@gmail.com

Vanessa Ingrid Leo

Methodist University of Piracicaba, School of Engineering, Architecture and Urbanism, Santa Bárbara D'Oeste (SP), Brazil

nessatdn@hotmail.com

ABSTRACT: Housing design can play an important role in the promotion of a better life in the perspective of a more sustainable urban environment. Nevertheless, even though the advances in the regulatory context of civil construction in Brazil, the normative references and wide range of instruments applicable to housing developments have not been sufficient to guarantee design quality, particularly (but not only) of social housing. Those references and instruments do not fully incorporate the necessary requirements for enabling satisfying people-environment relations in housing and for the improvement of the quality of life of its residents, in particular those related to the buildings' capacity for change through adaptable and flexible spaces. In order to contribute to the integration of such values into housing design, the study identifies and revises the content of national and international norms and instruments of classification, evaluation and design management by normative and promoting institutes that present evaluating structures and quality indicators for housing design. The researchers conducted a comparative analysis and critical reflection over the identified data through the specific approach of considering and facilitating flexible and adaptable spaces, also identifying eventual gaps and opportunities for the improvement of such norms and instruments in further research development. Conceptual paths for a future framework of categories, requirements, criteria and design parameters are presented as an initial contribution to the design process of flexible housing in Brazil.

Keywords *Flexible housing. Normative references and instruments. Design process.*

1. INTRODUCTION

For a long time, the absence of quality in production of social interest housing in Brazil has been recognized and addressed under a variety of approaches in academic contributions (Morado Nascimento & Tostes, 2011; Kowaltowski & Granja, 2011; Sant'Anna Jr., 1990). The program of these projects ranges from the viability, efficiency and quality of housing solutions itself to the promotion of a better life from the perspective of more sustainable urban environment. In view of the factors involved, producing housing under the simplistic logic of the amount of low-cost units has implicated in damage to the residents' quality of life. Disregarding the necessary specifics and exceptions, private promotion for various income ranges either reveals concern with the necessary scope of qualitative aspects to contemplate, being guided by the market (Ornstein et al., 2011; Queiroz & Tramontano, 2009; Wilhelm, 2008).

It becomes necessary a stricter relationship between observation of everyday human life within the contemporaneous collective building and the urbanistic and architectural quality of its project. In that matter, being able to respond to the dynamics of uses and to current and future residents' needs and expectations is of crucial importance. Regarding the social-environmental aspect in cities, Du Plessis (2012) considers applying the concept of resilience as the ability to adapt to changes which, in turn, would depend on the diversity of uses and responses, borrowing from how ecosystems work. However, the potential for a process of change in the dynamic of uses, along with the gradual increase of the financial standard of households, is rarely considered. As a result, spontaneous interventions in Brazil's social housing, which lack design guidelines and professional technical assistance, have been causing energy and material losses and an increase in the construction and demolition waste, beyond compromising the soil permeability and the structural and environmental quality of these houses.

Around the world, performance standards, as well as methods and instruments of evaluation, have been gaining prominence, thus raising the complexity and responsibility of the act of design. Opposed to prescriptive standards, aimed at specifying components or details of construction with the use of specific products, the establishment of the performance of the built environment is structured through the definition of qualitative and quantitative criteria requirements, or assumptions, and evaluation methods that allow the measurement of compliance. In Brazil, especially the NBR 15575 (ABNT, 2013) and other normative references, in conjunction with the various instruments of classification, evaluation and management, make important counterpoint to the usually strict and technical standards and indexes of urban and architectural law required for project approval in municipal, State and federal spheres.

In this sense, the present study aims to promote a critical reflection regarding normative and non-normative materials, national and international, related to the design of housing developments, in order to point out possible paths to development of future conceptual framework, which promote consideration and facilitation of spatial flexibility in its design.

2. METHOD

Firstly, the study identified, reviewed and analyzed the content of norms and instruments for design classification, evaluation and management by regulatory and promoting institutes of housing developments in the country, which have evaluation frameworks and quality indicators. It included those prepared by the Associação Brasileira de Normas Técnicas-ABNT, Fundação Vanzolini-FCAV, Green Building Council Brasil-GBCBrasil, Caixa Econômica Federal-CEF, Ministério das Cidades-MCidades, among others.

Then, the study identified, reviewed, and analyzed the content of international norms and instruments, among which stand out those of the Department of the Environment, Heritage and Local Government-DEHLG, the Commission for Architecture and the Built Environment-CABE, the Construction Industry Council-CIC, the International Living Building Institute-ILBI and the United States Green Building Council-USGBC, among others.

A comparative analysis and a critical reflection of the data collected in the national and international spheres were conducted from the specific perspective of the consideration and facilitation of spatial flexibility. Gaps and opportunities for improvement of such standards and instruments were identified for future research development. Finally, paths were indicated for the development of a future conceptual framework.

3. NORMS AND INSTRUMENTS: SYNTHESIS, ANALYSIS AND REFLECTION

3.1 National norms and instruments

In order to promote livability, the NBR 15,575 (ABNT, 2013) proposes the requirement "Possibility of extension of the housing unit", among others relevant to the factor "Functionality and accessibility". For units on the ground floor and with an evolutionary potential, the standard requires the Builder to provide architectural design and complementary projects along with the user manual for operation and maintenance with instructions for the expansion of the building. The necessary construction details for connection or continuity of walls, floors, roofs and facilities must be specified. The AQUA Process (FCAV, 2013) sets out as environmental quality of the Building-QAE the capacity of the set of its intrinsic features to meet the requirements related to the control of impacts on the external environment and the creation of a comfortable and healthy indoor environment. Fourteen categories of QAE are separated in the main concerns associated with each environmental challenge, and then on requirements and performance indicators. The category "integrated Choice of products, systems and construction processes" includes the optional item "Flexibility of the housing unit after delivery", which requires that the design of the housing unit and the construction process allow the evolution and changes of use or distribution of environments.

The seal Casa Azul from CAIXA (John et al., 2010) inserts the criterion "design flexibility" as not required, within the category "design and Comfort". It recommends that the project present the ability for modifications or extensions in plants, cuts, views and details and alerts for consideration of the near surroundings, technical systems and structural efforts

without large financial and material costs. As illustration brings only two projects of the Chilean Office Elemental, and only one was built.

A social housing project contest for state of São Paulo requiring a certain degree of spatial flexibility was also identified. In order to explore and establish new typologies for social housing in the state of São Paulo, the Housing and Urban Development Company - CDHU promoted a contest of architectural project of new typologies for social housing (Government, 2010). The proposals were required to consider the possibility of expansion from two to three bedrooms in both single and multifamily housing types, but with no further guidelines for that matter.

Other national non-normative instruments provide contribution to the objectives of the research. Integrating a broader proposal of interdependent social and environmental sustainability with humanizing concepts, Barros (2015) highlights the consideration and facilitation of spatial flexibility in design as opportunity for adaptability to uses and people, as a support to life quality improvement without compromising environmental quality. Indicates the structural elements in the scales of building and housing implementation. Pereira (2015) focuses on the functionality and flexibility concepts as strategies that benefit the housing project, aiming to support contributions to NBR 15,575 (ABNT, 2013) based on requirements and criteria that meet users' functional needs.

3.2 International norms and instruments

The DEHLG (2009) has normative character and is an illustrated practical guidelines for project design starting at neighborhood, location and the housing scales. Criteria in three ranges have a greater or lesser degree of relationship with the spatial flexibility. On the criterion Adaptability, indicators include: learning from existing typologies; energy efficiency for the anticipated challenges by climate change; possibility of expansion of housing without prejudice to the character of its internal and external arrangements; structural system open character, that allow adaptation and subdivision; possibility of expanding coverage or garage.

CABE (2008) supports the analysis of the quality of design proposals using the criteria of the English standard "Building for Life". It consists of twenty criteria for quality housing design and design illustrations clearly demonstrate the proposed guidelines. It values aspects of the performance of buildings as well as the careful consideration of the context and the users in the process. Criteria specifically related to the subject of flexibility refer to: facilitate the addition, conversion and extension of houses; allow variety of uses for the environments; provide flexibility in the housing unit and its other combined areas; make possible the conversion of underutilized spaces for future use. Although LEED (USGBC, 2009) considers the matter "space flexibility" more directly for the design of health care facilities, the proposed parameters apply to the project of adaptable housing developments. The provision of interstitial spaces, "soft" spaces programmed for easy offset allowing for next-door expansion, spaces "without shell" delimited by the external cover and left unfinished, spaces for horizontal expansion and spaces with moveable inner walls and partitions.

Other international non-normative instruments provide contribution to the research objective. Coelho & Cabrita (2009) go into detail about the architectural criteria for

housing evolution and adaptability. They consider the adaptability and gradual improvement possibility for the dwellings, making possible for its own residents to become privileged agents, as fundamental for fitting these dwellings to different lifestyles and to autonomy and economy of interventions. Loureiro & Mateus (2015) analyze oversized homes built in the years 1970 and 80 on the outskirts of Braga in Portugal, in order to stimulate its densification. The authors propose ways of use and planning considering three different levels of intervention -- slight, intermediate and deep -- in addition to three levels of typological options. Forms of raising density are proposed from functional, energetic, bioclimatic, and aesthetical considerations.

Schneider & Till (2007) proposes questioning the ability of the building to be adaptable over time in the levels of design and construction. A rich variety of strategies and tactics are incorporated and illustrated through diagrams drawn from built examples. Durmisevic et al. (2011) present an inter-institutional experimental project developed for a multipurpose building with a transformative capacity at three levels: spatial, structural and material. They argue that in order to achieve the desired transformation capacity of buildings, it is necessary to develop a design for disassembly approach.

3.3 Comparative analysis and critical reflection

The international norms and instruments for classification, evaluation, and management of projects (DEHLG, 2009; USGBC, 2009; CABE, 2008) and also other non-normative references (Loureiro & Mateus, 2015; Durmisevic et al., 2011; Coelho & Cabrita, 2009; Schneider & Till, 2007) present elaborated structures of the technical possibilities to promote spatial flexibility, with concrete contributions to the objective of this research. These references associate the flexibility concept to the innate opportunity for adaptability, making it possible for different social uses, and go into detail about the levels of a required embedded capacity for transformation in its design and construction. They illustrate strategies and tactics using diagrams from built examples and characterize different levels of intervention aiming the densification of the existing environment.

The analyzed national normative materials describe the possibility for flexibility of housing as an optional item and do not draw the principles that could foster new possible solutions from built examples of housing. ABNT (2013) considers only the possibility for expansion of one-story and two-story housing units. FCAV (2013) highlights the importance of constructional processes that allow for the evolution and change in use or in spatial distribution. ABNT (2013), FCAV (2013) e John et al. (2010) points out the need to consider the implications in the structural, electric and hydraulic systems and in the ventilation and natural lighting of spaces to be expanded or modified. Government (2010) only requires the possibility for expansion from two to three bedrooms. Housing design competitions in state of São Paulo eventually promote the possibility for flexible or expandable spaces, but in those initiatives there is a higher concern regarding lowering the costs and increasing the construction scale (Barros, 2012).

In this sense, the perspective shown in the analyzed national materials is here considered very limited in comparison to the challenge of improving the quality of social housing design in Brazil towards a higher level of sustainability.

4. PATHS FOR DEVELOPMENT OF CONCEPTUAL FRAMEWORK

The comparative analysis and critical reflection about the normative references and applicable instruments identified the possible pathways for the development of a conceptual framework for flexible housing design. Given the limited perspective identified in national materials, the pathways presented and illustrated below were drawn mainly from international references. These pathways are complementary and make up working axes. The project guidelines included are not ready-to-use solutions and require the compatibilization of different local realities of people and places.

4.1 Site planning structural elements

It is necessary to consider the importance of housing unit types concerning exterior openings (Fig.1a) and its location in the lawn (Figs 1b-1c), which allow for expansions in single and multifamily typologies.

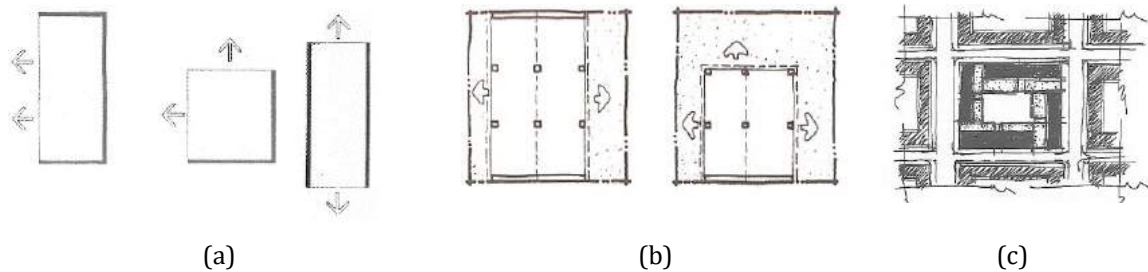


Figure 1: (a) Housing types: number of sides facing outside; (b), (c) Dwelling location in the lawn: expansions in single and multifamily typologies. Source: (a) Sherwood (1994, p.3, 17); (b) Hamdi (1991, p.98); (c) Coelho & Cabrita (2009, p.299).

The proportion between width and depth of the lot has impact on the possibilities of different internal arrangements and of expansion of the housing unit, the individual variety, the quality of natural lighting and ventilation, privacy and contact with the yard. Narrow and long lawns (Fig.2a) limit the mentioned aspects, whereas wide and short lawns (Figs 2b-2c) facilitate these possibilities.

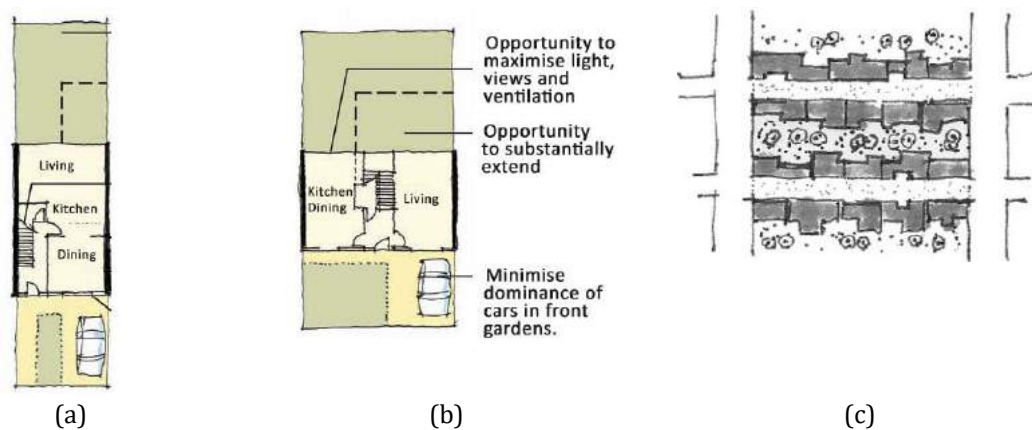


Figure 2: Proportion between width and depth of lawns: (a) narrow and long lawn, (b) and (c) wide and short lawn. Source: (a), (b) DEHLG (2009, p. 71); (c) Barros (2015, p. 1968).

It is necessary to consider the importance of infrastructure for movement and access of people to buildings composed of housing units and its impact particularly on the possibilities of expansion. Single-family buildings with individual access (Fig.3a); multifamily buildings with vertical collective access and horizontal runways (Fig.3b) and multifamily with collective access by internal corridors (Figs 3c-3d).

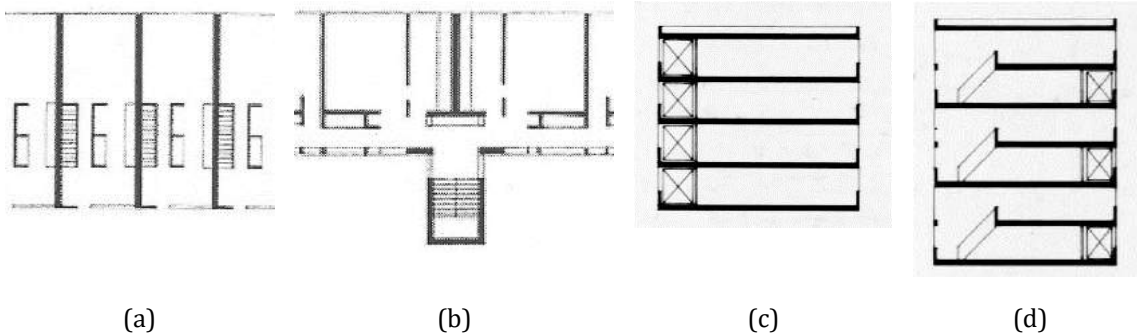


Figure 3: Access and movement in single-family typologies (a) and multifamily (b), (c), (d). Source: Sherwood (1994, p. 17, 19).

4.2 Design ability to eliminate inflexibility

The provision of spaces with an adaptive capacity concerning the possibilities for flexibility and expansion starts with questioning the ability of design for adaptability over time (Figs 4-5). The central issue is about uses. How to design with the appropriate degree of flexibility to accommodate current and future users' needs and aspirations? Design can eliminate the inflexibility of the housing environment through typological studies.

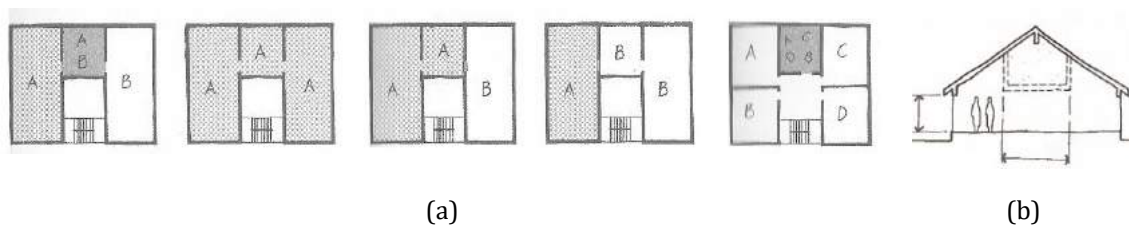


Figure 4: (a) neutral environments for different uses; (b) Usable Attic: adequate ceiling height and structural system. Source: (a) Schneider & Till (2007, p. 189); (b) Hamdi (1991, p. 99).

It is necessary to consider the capacity of the future building to promote a potential for expansion. The typology modalities require specific planning from conception through construction project. It is necessary to consider the structural reinforcements, quality assurance of the inside environment, attention to standards of fire safety and consistency with the surroundings, especially regarding horizontal additions. Different typology modalities may facilitate space use by residents through horizontal and vertical additions (Fig.5a), terrace additions (Fig.5b), penthouse or garage additions (Fig.5c), considering isolated housing units or conjoined ones.



Figure 5: (a) vertical and horizontal additions; (b) terrace additions; (c) penthouse additions.
Source: (a) Barros (2015, p. 1969); (b), (c) DEHLG (2009, p. 71, 73).

4.3 Construction ability to eliminate inflexibility

Constructional strategies enable the implementation of spatial flexibility. They include disassembly and interchangeability of constructional elements, inside movable screens and the service modules, for electrical and hydro-sanitary installations (Fig.6).

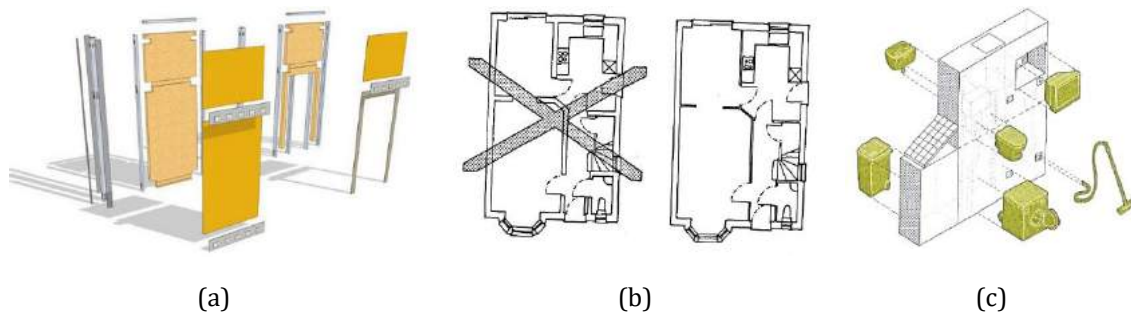


Figure 6: (a) Disassembly and interchangeability; (b) Inside movable screens; (c) Service module.
Source: Durmisevic et al. (2011, p. 52); (b), (c) Schneider & Till (2007, p. 196, 197).

4.4 Levels of intervention for the densification of existing housing

It is necessary to consider the different levels of intervention to support the densification of existing housing without compromising the quality of the internal environment. Level 1 (Fig.7a) admits slight changes with the definition of a new fraction and maintenance of existing typology. Level 2 (Fig.7b) admits the division of area for the addition of one or two fractions, depending on the area available and the existing layout, with restructuring of interior spaces. Level 3 (Fig.7c), with extensive changes, admits the addition of new floor and the division into two or three fractions independently besides changes in order to create areas of double ceiling (Loureiro & Mateus, 2015).

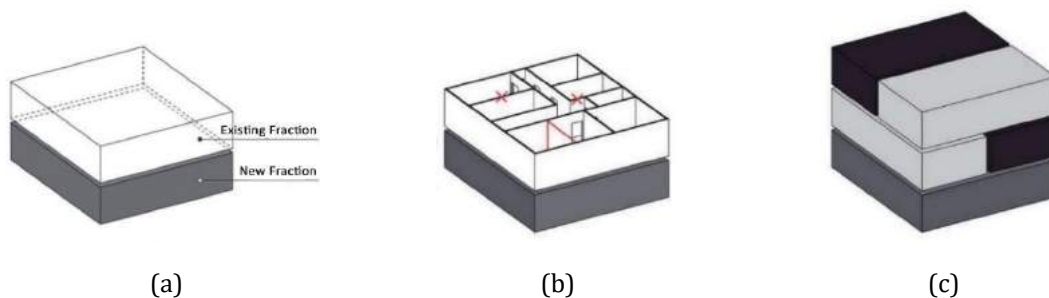


Figure 7: Levels of intervention: (a) Level 1-Slight, (b) Level 2-Intermediate, (c) Level 3-Extensive.
Source: Loureiro & Mateus (2015, p. 921).

5. CONCLUSION

The study offers an initial contribution from normative references and applicable instruments, along the lines of performance standards, under the specific focus of the promotion of spatial flexibility in design. It emphasizes the necessity of improvement of the design process for social housing in Brazil. The study interposes the contribution and contrast of normative and non-normative material, national and international, related to the design of housing developments, in order to promote a critical reflection and show the way for the development of a future conceptual framework.

The study synthesizes the content of norms and instruments of classification, evaluation and design management from regulatory and promoting institutes for housing developments in the country and abroad and offers a comparative analysis and critical reflection with regard to the topic of space flexibility. It identified gaps and opportunities for improvement with a view to the possibility of considering and facilitating spatial flexibility in the design of housing developments. From these gaps and opportunities, complementary paths to the development of a conceptual framework were outlined.

This set of results obtained from Leo (2016) contributes to the achievement of the goal of a broader research in which the identified paths will be matched in a conceptual structure of categories, requirements, criteria and design parameters, along the lines of performance standards. Such a structure, open and dynamic, aims to promote the integration of requirements for the generation and evaluation of solutions in the conception of housing projects in the country with regard to the possibility of considering and facilitating spatial flexibility in your project. Additionally, it is necessary to establish scenarios, which may facilitate the implementation of constructional processes for flexible social housing in Brazil, signaling possible future research developments.

The authors are thankful to the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq for the financial support (Institutional Scientific Initiation Scholarship Program-PIBIC).

REFERENCES

- Associação Brasileira de Normas Técnicas-ABNT. 2013. *NBR 15.575. Norma de Desempenho - Edificações Habitacionais*. Rio de Janeiro: ABNT.
- Barros, R.R.M.P. 2012. *Humanização e geração de valor na concepção do projeto de habitação coletiva mais sustentável*. Relatório Científico de Pesquisa de Pós-Doutorado (FAPESP 2010/13401-5).
- Barros, R.R.M.P. 2015. Humanização e resiliência: a capacidade adaptativa para o habitar urbano. In: *Latin-American and European Conference on Sustainable Buildings and Communities-EURO ELECS, 1., 2015. Guimarães. Proceedings of...*, Guimarães: Univ. do Minho.
- Coelho, A.B.; Cabrita, A.R. 2009. *Habitação evolutiva e adaptável*. ITA 9. Lisboa: LNEC.
- Commission for Architecture and the Built Environment-CABE. 2008. *Building for Life. Evaluating housing proposals step by step*. U.K.: CABE.

- Department of Environment, Heritage and Local Government-DEHLG. 2009. *Urban Design Manual: a best practice guide*. Ireland: DEHLG.
- Durmisevic, E.; Çolakoglu, B.; Pasic. 2011. A. *International Design Studio 2011. Green Transformable Buildings Center*. University of Twente, University of Sarajevo, Yildiz Technical University.
- Du Plessis, C. 2012. Applying the theoretical framework of ecological resilience to the promotion of sustainability in the urban social-ecological system. In: *Smart and sustainable built environments, 4, 2012. São Paulo. Proceedings of...* São Paulo: SASBE.
- Moradias sobredimensionadas dos anos 70-90 na periferia de Braga: processo de transformação. In: *Latin-American and European Conference on Sustainable Buildings and Communities - EURO ELECS, 1., 2015. Guimarães. Proceedings of...* Guimarães: Univ. do Minho.
- Fundação Carlos Alberto Vanzolini-FCAV. 2013. Referencial técnico de certificação Edifícios habitacionais - Processo AQUA. São Paulo: FCAV.
- Governo do Estado de São Paulo. 2010. *Sustentabilidade e inovação na habitação popular: o desafio de propor modelos eficientes de moradia*. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo. Secretaria de Estado de Habitação. Available at: <http://www.cdhu.sp.gov.br>.
- Hamdi, N. 1991. *Housing without houses: participation, flexibility, enablement*. Exeter: Intermediate Technology Publications.
- John, V.M.; Tadeu, J.R. (Coord.). 2010. *Boas práticas para habitação mais sustentável*. São Paulo: Páginas & Letras.
- Kowaltowski, D.C.C.K.; Granja, A.D. 2011. The concept of desired value as a stimulus for change in social housing in Brazil. *Habitat International*, n.35, p.435-446.
- Leo, V.I. 2016. Referências normativas e instrumentos aplicáveis a empreendimentos habitacionais: requisitos para a consideração da flexibilidade espacial no projeto. Relatório Final de Iniciação Científica e Tecnológica. Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica-PIBIC. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq.
- Loureiro, M.; Mateus, R. 2015. Moradias sobredimensionadas dos anos 70-90 na periferia de Braga: processo de transformação. In: *Latin-American and European Conference on Sustainable Buildings and Communities - EURO ELECS, 1., 2015. Guimarães. Proceedings of...* Guimarães: Univ. do Minho.
- Morado Nascimento, D.; Tostes, S.P. 2011. Programa Minha Casa Minha Vida: a (mesma) política habitacional no Brasil. *Arquitextos* (São Paulo), v.1, p.1-16.
- Ornstein, S.W.; Villa, S.B.; Ono, R. 2011. Residential high-rise buildings in São Paulo: aspects related to the adequacy to the occupant's needs. *J. Hous. and the Built Environ.*, v.26, p.73-84.
- Pereira, G.M. 2015. *Funcionalidade e qualidade dimensional na habitação: contribuição à NBR 15.575/2013*. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo. Florianópolis: UFSC.
- Queiroz, F.A.; Tramontano, M. 2009. Apartamentos paulistanos: um olhar sobre a produção privada recente. *Ambiente Construído* (Online), v.9, p.139-150.
- Sant'anna JR., A.C. 1990. Genius loci x zeitgeist: o dilema da modernidade. *Projeto*, São Paulo, v. 134, p. 72-73, ago./set.
- Schneider, T.; Till, J. 2007. *Flexible housing*. Oxford: Architectural Press.
- Sherwood, R. 1994. *Modern housing prototypes*. 6ed. Cambridge: Harvard Univ. Press.
- United States Green Building Council-USGBC. 2009. *LEED for healthcare*. Available at: <http://www.usgbc.org/>.
- Wilhelm, J. 2008. Mão escondida projeta arquitetura medíocre. *Minha Cidade*, São Paulo, 08.096, *Vitruvius*, jul. Available at: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/minhacidade/08.096/1883>.



Study of double windows efficiency in order to improve sound insulation in buildings

Marco Aurélio de Oliveira

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal
engenharia@confortus.com.br

Luís Bragança

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal
braganca@civil.uminho.pt

Dinara Paixão

Federal University of Santa Maria, Acoustic Engineering, Santa Maria (RS), Brazil
dinara.paixao@eac.ufsm.br

Jorge Luis Pizzutti dos Santos

Federal University of Santa Maria, Thermo Acoustics Laboratory, Santa Maria (RS), Brazil
lmcc.ufsm@gmail.com

ABSTRACT: The aim of this research is to evaluate sound insulation behavior of double windows, when a second window is placed upon a previous one, keeping an air layer between them. This was done through standard tests carried out at the insulation chamber of the Acoustics Laboratory of Federal University of Santa Maria in accordance with international norms ISO 10140-2 and ISO 717-1. First, low air hermetic windows were duplicated, each one having $R_w = 18$ dB. Second, good air hermetic windows were duplicated. The objective, through this technique, was to find out sound insulation improvement of double windows under the two mentioned circumstances. It was verified that low air hermetic double window obtained $R_w = 26$ dB, with an increase of 8 dB in relation to just one window of the same typology. In relation to good air hermetic double window, a R_w final of 37 dB was obtained, considering that the increase in sound insulation depends on the initial performance of the first installed window. The gain in insulation in the second instance was between 4 to 8 dB, mainly in relation to low and medium frequencies. Therefore, it was possible to quantify which sound insulation improvement could be done on façades employing the technique of double windows in order to contribute to the improvement and quality of buildings in Brazil.

Keywords *Acoustics, sound insulation, double windows.*

1. INTRODUCTION

The Brazilian urbanization process, occurred since the mid-twentieth century onwards, brought several improvements and well-being for the population as a whole. However, the emergence of large urban areas in our country caused a lot of problems that deteriorated the quality of life in these cities, such as the sound pollution caused by traffic noise. If on one hand the noise level in cities like São Paulo can easily exceed 75 decibels, the vast majority of residential façades in such cities have deficient sound insulation. This is mainly due to the use of sliding windows with insufficient sound insulation. Considering the foregoing, there is a need to develop and apply new technologies to existing windows, in order to improve the sound insulation of façades in buildings.

2. OBJETIVES

The aim of this research is to evaluate sound insulation behavior of double windows, when a second window is placed upon a previous one, keeping an air layer between them. The specific objectives are as follow:

- Quantify the sound insulation of double sliding windows both with insufficient sound insulation;
- Quantify the sound insulation of double maxim-air windows both with good sound insulation;
- Provide comparative data between the sound insulation of single and double windows, in order to contribute to designers and consultants in the technical specification and procedures for soundproofing projects.

3. METODOLOGY

The research methodology consisted in a comparative analysis between the sound insulation of single and double windows. Windows with insufficient sound insulation were initially evaluated, and later on those ones with good sound insulation.

3.1 Sound insulation experiment of double sliding windows both with insufficient sound insulation

- Masonry wall with solid bricks plastered on both sides, with total thickness of 22 cm;
- One sliding window with aluminum frame having glass sheet of 4 mm of thickness, with dimensions of 1.4 m x 1.6 m;
- One sliding window with aluminum frame having glass sheet of 4 mm of thickness with dimensions of 1.4 m x 1.6 m, placed upon a previous one;
- One maxim-air window with PVC frame having glass sheet of 4 mm of thickness with dimensions of 1.4 m x 1.6 m.

Figure 1 bellow shows a schematic drawing concerning the acoustic experiment of double sliding windows, as previously mentioned:

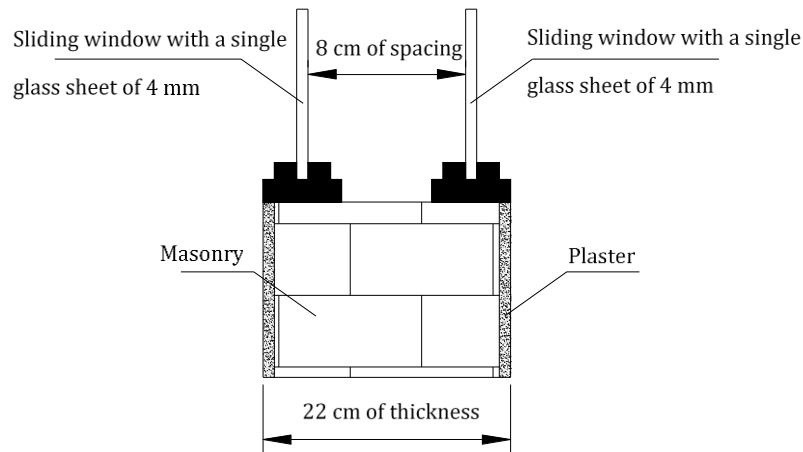


Figure 1: double sliding windows both with insufficient sound insulation

3.2 Sound insulation experiment of double maxim-air windows both with good sound insulation

- One maxim-air window with PVC frame and glass sheet of 6 mm of thickness with dimensions of 1.4 m x 1.6 m;
- One maxim-air window with PVC frame and glass sheet of 8 mm of thickness with dimensions of 1.4 m x 1.6 m;
- One maxim-air window with PVC frame and double glass sheet of 4 mm and 6 mm of thickness, spaced 8.5 cm between them. The window dimension is 1.4 m x 1.6 m;
- One maxim-air window with PVC frame and a double glass sheet of 4 mm and 6 mm of thickness, spaced 8.5 cm between them, placed upon a maxim-air window with PVC frame and glass sheet of 6 mm of thickness. The windows dimensions are 1.4 m x 1.6 m;
- One maxim-air window with PVC frame and a double glass sheet of 4 mm and 6 mm of thickness, spaced 8.5 cm between them, placed upon a maxim-air window with PVC frame and glass sheet of 8 mm of thickness. The windows dimensions are 1.4 m x 1.6 m.

Figure 2 below shows a schematic drawing concerning the acoustic experiment of double maxim-air windows, as previously mentioned:

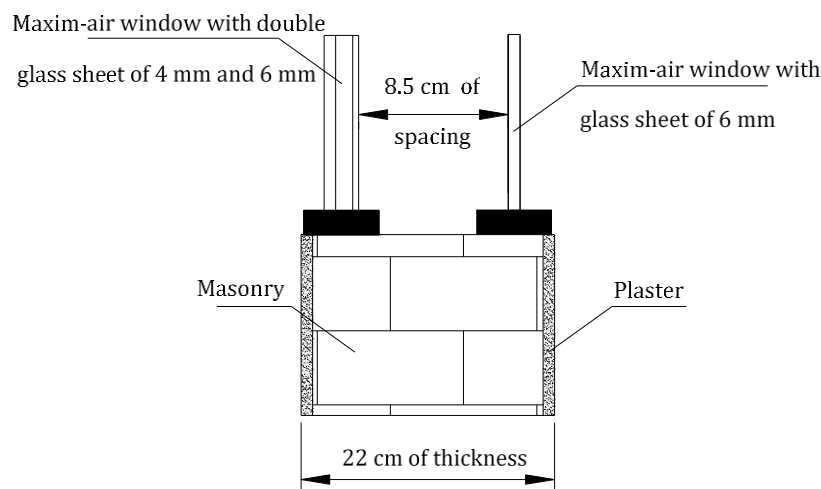


Figure 2: double windows both with good sound insulation

4. RESULTS

The results of the acoustic experiments are shown in the following Figures 3-6:

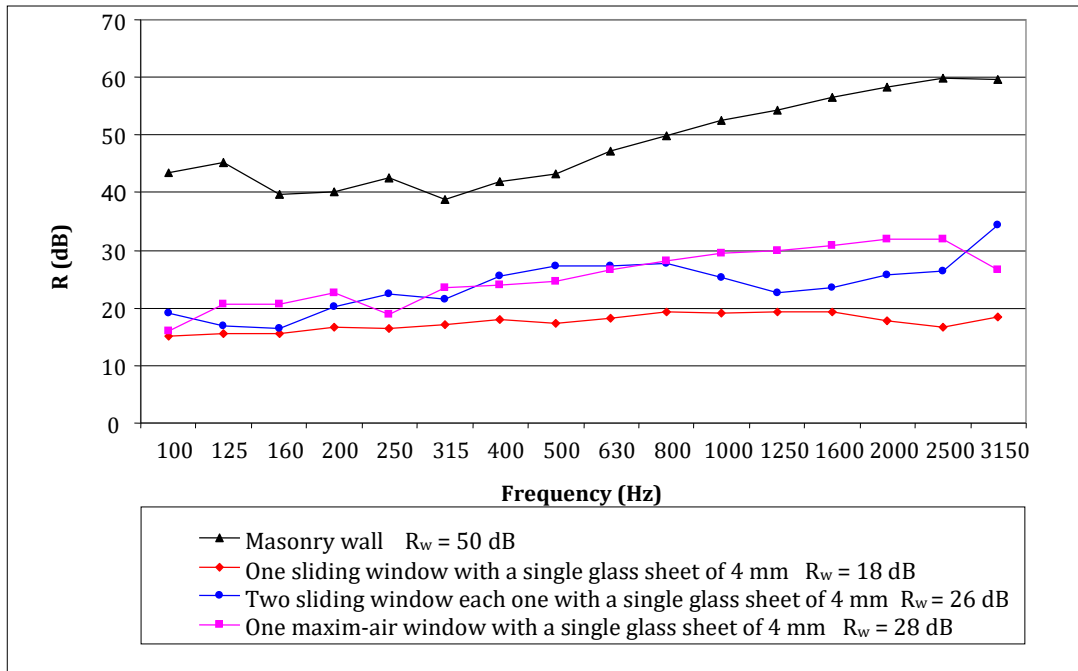


Figure 3: comparative results between one single sliding window, double sliding window and one maxim-ar window

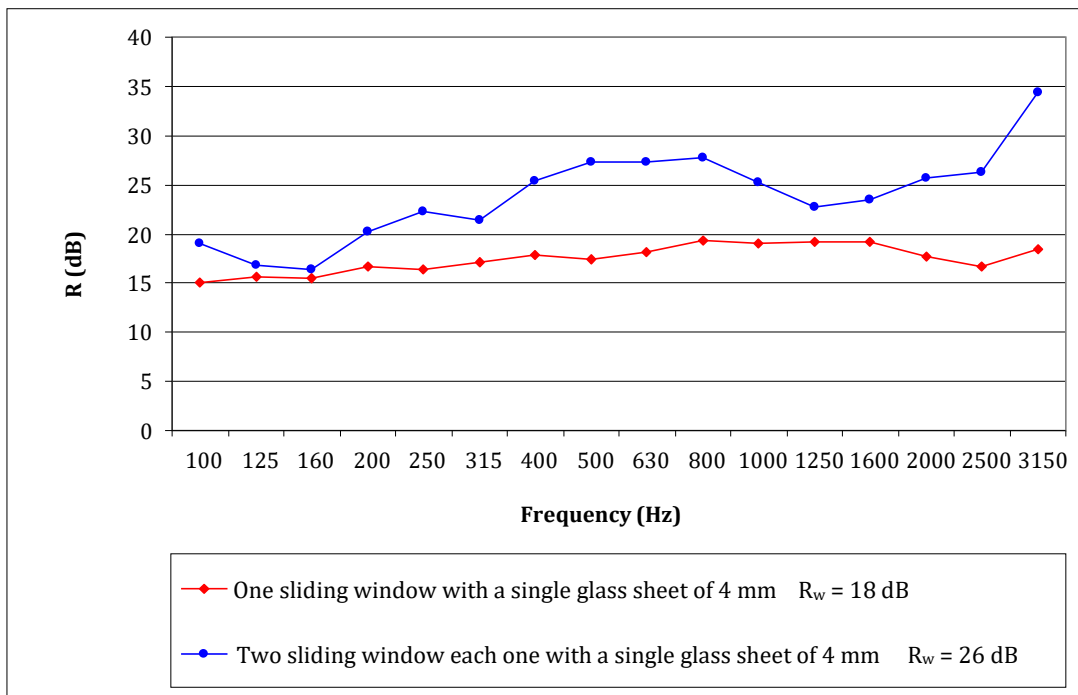


Figure 4: comparative results between one sliding window and two sliding window

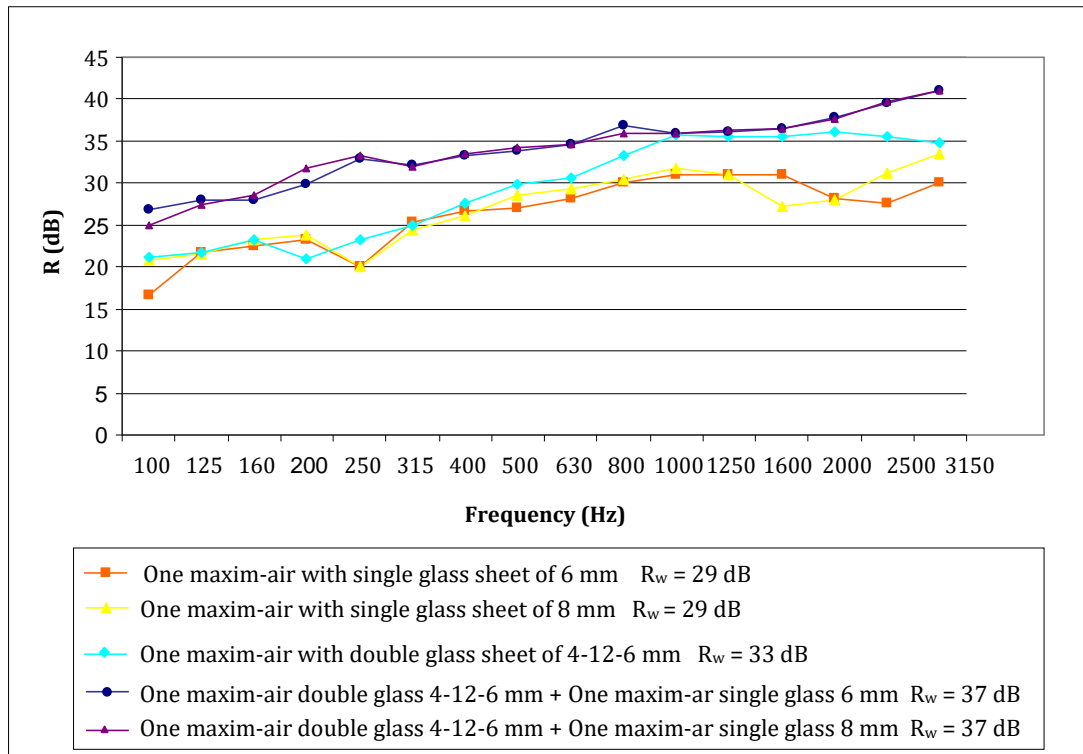


Figure 5: double maxim-air windows with good sound insulation

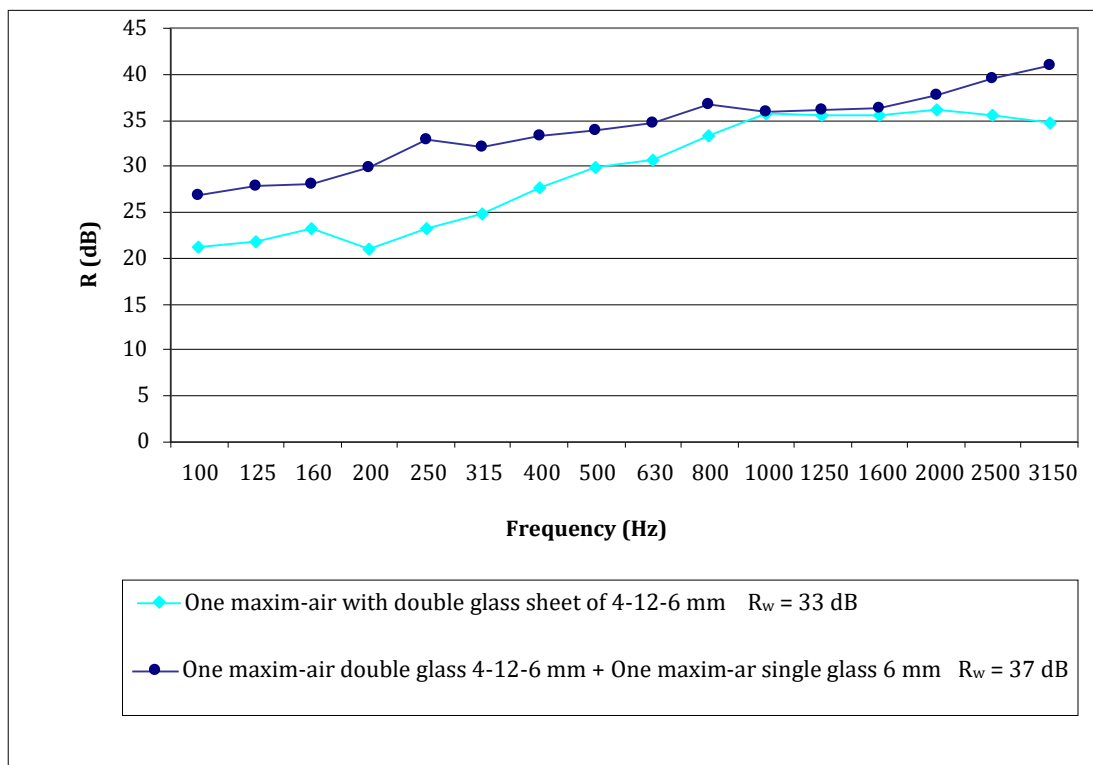


Figure 6: comparative results between single and double windows with good sound insulation

Figure 7 below shows an experiment in the insulation chamber at the acoustic lab:



Figure 7: experiment in the acoustic laboratory

Figure 8 below shows a rotating microphone boom in the insulation chamber at the acoustic lab:



Figure 8: rotating microphone boom in the insulation chamber at the acoustic lab

5. CONCLUSIONS

Considering duplicated windows with insufficient sound insulation, it was found that:

- When a sliding window with $R_w = 18$ dB is duplicated with a previous one, from the same typology, there is an increase of 8 dB in the sound insulation resulting in a $R_w = 26$ dB;
- When a sliding window is duplicated with a previous one, from the same typology, the sound insulation does not achieve the same value as one maxim-air window with 4 mm of glass sheet thickness. The results were 26 dB and 28 dB, respectively;
- The sound insulation gain mainly occurs in relation to low and medium frequencies. In the frequency of 160 Hz occurs a resonance, whose position in the sound spectrum is slightly displaced from the f_0 frequency of a sealed double glass with the same spacing and thickness.

Considering duplicated maxim-air windows with good sound insulation, it was found that:

- Duplicate maxim-air windows, both with good sound insulation, increases the sound insulation index R_w . Depending on the R_w of the first window, the increase can be from 4 until 8 dB. This research achieved maximum index $R_w = 37$ dB;
- The sound insulation gain mainly occurs in relation to low and medium frequencies. Given that the traffic noise has a predominance of energy at low and medium frequencies, it can be said that the duplication windows with good sound insulation are effective to vehicular noise.

REFERENCES

- Acoustics – *Measurement of sound insulation in buildings and of building elements*: ISO 10140-2.
Acoustics – *Measurement of sound absorption in a reverberation room*: ISO 354. 2003.
Báring, J. G. A. 1998. A conceituação necessária para se chegar ao desenvolvimento tecnológico em acústica das edificações – 1ª parte. *Revista A construção*. Nº 2087, IPT/PINI. São Paulo, 4p.
Bistafa, S.R.2006. *Acústica aplicada ao controle do ruído*. Editora Edgard Blucher, São Paulo, 368 p.
Brüel & Kjaer. 1989. *Máster catalogue – Eletronic instruments*. Denmark: K. Laresen & Son A/S, 904p.
Costa, E.C. 2003. *Acústica Técnica*. Editora Edgard Blucher LTDA, São Paulo, 127 p.
Freitas, A. P.M.2006. Estudo do impacto ambiental causado pelo aumento da poluição Sonora em áreas próximas aos centros de lazer noturno na cidade de Santa Maria – RS. *Dissertação de Mestrado, Santa Maria*, 99 p.
Gerges, S. N. Y. 1992. *Ruído: fundamentos e controle*. Florianópolis: UFSC, 600 p.
Gomez, G. O. 1988. *Acústica aplicada a la construcción*. Santiago de Cuba: Ediciones, 53p.
Marco, C. S. 1990. *Elementos de acústica arquitetônica*. 2. ed. São Paulo: Ed. Nobel, 129 p.
Méndez et al. 1991. *Acustica arquitectonica*. Buenos Aires: UMSA, 238 p.
Oliveira, M.A. 2007. Estudo da eficiência da duplicação de janelas na melhoria do isolamento acústico destes componentes. *Dissertação de mestrado. Santa Maria, RS*.
Paixão, D. & SANTOS, J. P. 1994. A janela da edificação – Avaliação sob ponto de vista da acústica. In: I CONGRESSO BRASIL/ARGENTINA – 15º ENCONTRO DA SOBRAC. *Florianópolis*. Anais, p. 399-402.
Picada, G. 2002. Potencial das sobras de porongos da fabricação de cuias como absorventes sonoros. *Dissertação de mestrado. Santa Maria, RS*.B
Pujolle, J. 1978. *La pratique de l'isolation acoustique des batiments*. Editions du Moniteur. Paris, 574 p.

Rating of sound insulation in buildings and of building elements: ISO 717-1. Second Edition, 1996.
Santos, J.L.P.2012. *Isolamento Sonoro de Partições Arquitetônicas*. Editora UFMS, Santa Maria, 174 p.
Silva, D.T. 2000. Estudo da Isolação Sonora em paredes e divisórias de diversas naturezas. *Dissertação de mestrado, Santa Maria*, 126 p.
Templeton D. et al. Acoustics in the built environment. *Reed Educational and Professional Publishing Ltd*, 1997.



Life cycle energy (LCEA) and carbon dioxide emissions (LCCO2A) assessment of roofing systems: conventional system and green roof

Júlia Santiago de Matos Monteiro Lira

University of Brasília, Department of Civil and Environmental Engineering, Brasília (DF), Brazil
juliasanttiago@gmail.com

Rosa Maria Sposto

University of Brasília, Department of Civil and Environmental Engineering, Brasília (DF), Brazil
rmsposto@unb.br

ABSTRACT: With the increase of urban occupation and therefore the constant need of new buildings, the concern about its environmental impacts grows recently. Thus, is demanded the research on the concept of buildings considering the economy of resources, especially energy. Green roof is an ancient alternative to reduce the effects of heat islands and global warming, providing architectural, construction, aesthetic and environmental benefits. The efficiency of thermal performance of this system is already known, however, aspects related to energy and environmental sustainable, including CO₂ emissions, are still poorly studied. Therefore, the study of sustainability of this alternative of roof is necessary, considering the full life cycle of it to evaluate the energy consumption and CO₂ emissions. The aim of this study is to evaluate the sustainability of a green roof compared to the conventional system made of concrete slab with ceramic tile. Green roof system used in the research is the modulate type with structure in solid wood beams and closure in structural plywood sheets. The comparison will be done through the life cycle energy (LCEA) and carbon dioxide emissions (LCCO₂A) analysis in the extraction and processing of raw materials, transport, construction and maintenance phases. With the research results, the green roof confirmed the reduction of CO₂ emissions the life cycle, but it has a higher embodied energy than the conventional system.

Keywords *Green roof, Sustainable, Life cycle assessment, Life cycle energy, CO₂ emissions.*

1. INTRODUCTION

The building sector consumes an estimated 30 to 40% energy worldwide and it is responsible for 40% of total primary energy consumption in European Union (Contarini et al. 2015; Coma et al. 2016). Greenhouse gas emissions totaled in 2014 an average of 2.4 tCO₂ per capita in Brazil (Brazil 2015). The data are alarming and the responsibility of countries to reduce environmental impacts by human activities is growing. The COP 21 (ONU Climate Conference), that took place in December 2015, was a global framework to reduce carbon emissions and to mitigate the effects of global warming.

According Coma et al. (2016), the construction sector is an effective way to achieve the reduction of energy consumption and CO₂ emissions, aiming sustainable buildings with more energy-efficient. Some technologies have been employed to help mitigate the high energy consumption in buildings and the recurrence of floods in urban centers, i.e. green roofs (Savi, 2012). Sainz et al. (2006) stated that green roof is among several technologies for the development of environmentally sustainable buildings and the creation of urban environments visually appealing.

Brazilian laws are still insufficient about the use of this system. The state of Santa Catarina created a program to encourage the adoption of green roofs by Law N^o14243 (December 11, 2007). But the only law that establishes the obligation of the green roof use is N^o18112/2015 of Recife which provides the improvement of environmental quality of buildings obliging also the construction of accumulation reservoirs or the flow delay of rainwater to the urban drainage. This law establishes the mandatory use of green roofs for multifamily residential buildings with more than four floors and non-housing with more than 400 m² of area covered, under penalty of non-approval of the building.

A green roof differs from a conventional roof by having a substrate (soil or growing media) with vegetation (Peri et al. 2012). The addition of a green layer in building coverage causes many advantages, including: increased water retention, contributing to drainage and reuse of rainwater, reduced urban heat island by reducing of CO₂, sound absorption, aesthetic improvement of cities, increased biodiversity and reduction of habitat loss (Kosareo & Ries, 2007; Savi, 2012; Bianchini et al. 2012; Coma et al. 2016).

The benefits of this system are obvious, but the real potential to environmental sustainability should be measured, since the material impacts are also important because of its emissions and the use of raw materials during production and waste disposal (Contarini & Meijer, 2015).

The most appropriate tool to assess the overall environmental performance of a building and the quantification of its impacts, considering a wide range of categories of damage, is the Life Cycle Assessment (LCA). According to ABNT NBR ISO 14040 (2006), LCA is a method in which the product or process is evaluated in the life cycle's phases: extraction and production of raw materials, use, maintenance and demolition.

The choice for the quantification of energy consumption in the building life cycle (life cycle energy assessment - LCEA) is because prioritizes data inventory of energy consumption (direct and indirect). Although not use the concept of multi-analysis, characteristic of

LCAs, a LCEA gives conditions for the evaluation of significant environmental impacts (Tavares, 2006).

In this work will be used a type of LCA to quantify two categories: the total energy consumption (LCEA) and CO₂ emissions (LCCO₂A) related with stages of the life cycle of the systems. They are simplified versions of the LCA that focus only on the evaluation of energy inputs and CO₂ emissions for the different stages of the life cycle and are already being widely used by researchers of construction as Atmaca & Atmaca (2015) and Chau et al. (2015).

1.1 Goal and scope definition

The aim of this research is to analyze the energy consumption and CO₂ emissions in the phases of life cycle of green roof compared to the conventional system of roof. The functional unit used was 1 m² of roofing for 50 years of housing life service.

The system boundaries including the phases for the two systems were: extraction and processing of materials and components, transport, construction and maintenance. Carbon sequestration that vegetation of the green roof promotes was not recorded because this operation phase was not analyzed.

2. DESCRIPTION OF THE SYSTEMS

2.1 Conventional system

The choice of the conventional system was the widespread used in Brazilians houses. The system consists of massive reinforced concrete slab with closure made by wooden structure with ceramic tile type Plan. The view of the housing roofing is shown in Figure 1.



Figure 1. Conventional system. Source: Pedroso, 2015.

2.2 Green roof system

There are two main types of green roof: the extensive and the intensive. Extensive roofs are lighter and are ideal for small vegetation because the system thickness is between 8 and 12 cm (Tavares et al. 2014). According to Céron-Palma et al. (2013), it requires low maintenance and a water retaining layer (Pereira, 2014). Intensive roofs are also known

as vertical gardens by having larger plants. They have substrate thickness ranging from 15 to 50 cm and they can't be run on sloping roof (Pereira, 2014).

A green roof usually has the following layers: structural support, waterproof membrane, root barrier, drainage, filter, substrate and vegetation (Pereira, 2014). Although it is common to find green roofs on slabs, green roof is a building system that allows variations and application to different surfaces and structures (Tavares et al. 2014).

Looking for more sustainable and energy-efficient alternatives, in this research a system with structure in solid wood beams with closure in structural plywood sheets of the type Oriented Strand Board (OSB) was proposed as the basis for extensive green roof. The geomembrane of high density polyethylene (HDPE) has been used for waterproofing and under it lightweight cellular modules were composed by HDPE too. The choice of this modular system was due to the decrease in the total weight of the roofing and operational simplicity in maintenance phase.

A geotextile blanket was placed in the substrate layer within the module to facilitate water storage and filtration of water in the modules ribbed. To reduce the need for frequent irrigation, the vegetation chosen were Cacto Margarida (*Lampranthus productus*). The green roof scheme is shown in Figure 2.

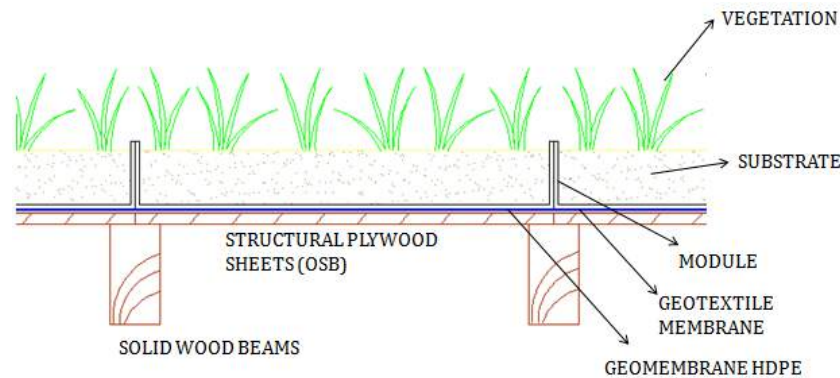


Figure 2. Green roof system. Source: Authors, 2016

3. METHODOLOGY

The study was applied in a housing unit approved by the Brazilian bank Caixa Econômica Federal used in the program "My House, My Life" representing the reality of social housing in the country. The same design was analyzed by Pedroso (2015) with the ground floor shown in Figure 3. The housing has 45.64 m² of built area distributed in two bedrooms, living room, kitchen, bathroom and an outside service area. The life service adopted was 50 years and the functional unit was 1 m² of roofing.

To standardize the transport distance, the building were located at the University of Brasilia (UnB) in Brasilia (DF).

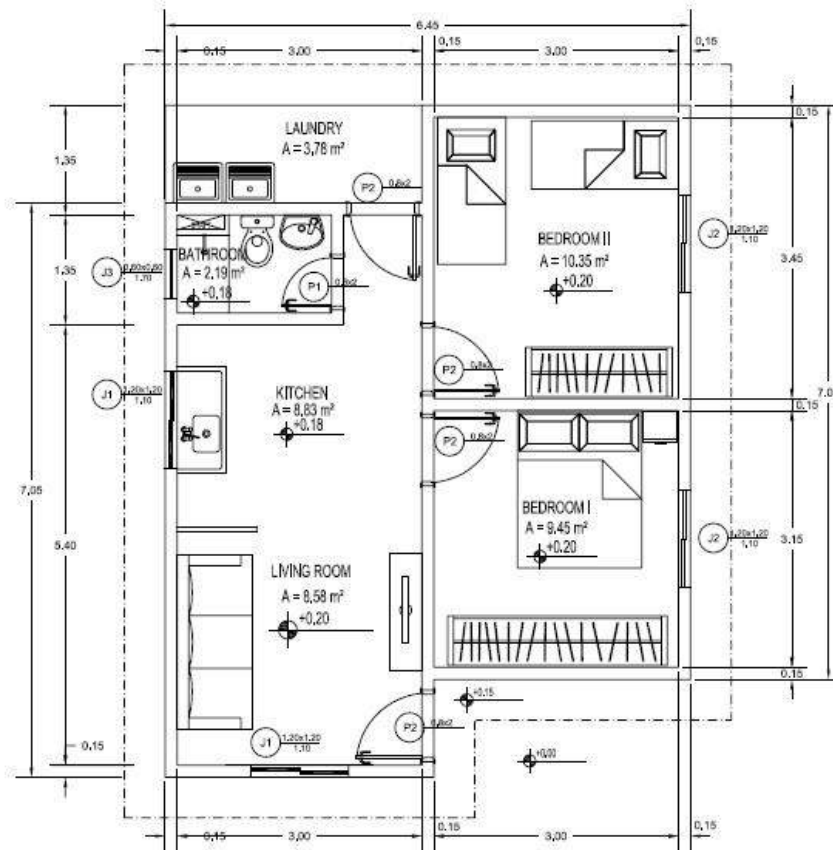


Figure 3. Social housing project for the deployment of systems. Source: Pedroso, 2015

The elementary concept of LCA is to calculate the environmental impacts of product over different life cycle stages: extraction, manufacture, construction, operation, demolition, recycling and disposal (Atmaca & Atmaca, 2015). To calculate the LCA and LCCO₂A, all energy inputs and CO₂ equivalent emissions released from a system in the pre-use and maintenance phase were quantified, respecting the ABNT NBR ISO 14040 series of standards. The calculation derived from a survey in national literature for the extraction of secondary data. They were used preferably from Brazilian documents to better adapt the production process and characteristics of the materials.

3.1 Pre-use phase

Based on the detailed architectural design of the Figure 3, materials and components used in the roofing of the two systems were raised. The pre-use phase was divided into three stages shown in Table 1:

Table 1. Stages of pre-use phase.

1	Extraction and processing of materials	Energy consumption (EE) CO ₂ emissions (CO ₂ E)
2	Transport of materials and components	Energy consumption (ET) CO ₂ emissions (CO ₂ T)
3	System construction	Energy consumption (EC) CO ₂ emissions (CO ₂ C)

To calculate the energy consumption and CO₂ emissions from the extraction and processing of materials and components phase equations 1 and 2 were used. When necessary, used the coefficient of 0.036 kgCO₂/MJ for energy conversion in CO₂ emissions

was used. This value is the result of an average of the latest values from the National Energy Balance (BEN), if the FCO₂ coefficient in the studied sources did not exist.

$$EE = Q \times FE \quad (1)$$

$$CO_2E = Q \times FCO_{2eq} \quad (2)$$

Q – quantity of materials used in housing (Unit of measure - UM: kg or m³);

FE – energy embodied factor (MJ/UM);

FCO₂ – emissions factor (kgCO_{2eq}/kg or kgCO_{2eq}/m³);

EE – embodied energy of the extraction and processing of materials stage (MJ);

CO₂E – emissions of the extraction and processing of materials stage (kgCO_{2eq});

In transport stage of materials and components to the construction site, the coefficients for the calculation of CO₂ emissions used by NaBut Neto (2011) were: average consumption of diesel equal to 0.0136 L/T.km and liter diesel emitting 3.15 kgCO₂/km. Throughout the transport phase, only CO₂ emissions will be quantified.

Table 2. Quantity of materials for 1 m² of roofing.

	MATERIALS AND COMPONENTS	QUANTITY	FE (MJ/UM)	FCO ₂ (KgCO _{2eq} /UM)	TRANSPORT (Km)
CONVENTIONAL	CONCRETE (slab 10cm)	0.10 m ³	1002.40 ⁽¹⁾	151.08 ⁽¹⁾	14
	STEEL	0.14 kg	10.27 ⁽¹⁾	1.55 ⁽¹⁾	18
	WOOD STRUCTURE	0.04 m ³	9469.28 ⁽¹⁾	58.55 ⁽¹⁾	19
	ROOF TILES	86.20 kg	2.52 ⁽¹⁾	0.63 ⁽¹⁾	25
	PVC TROUGH AND COLLECTOR	1.76 kg	65.24 ⁽¹⁾	5.92 ⁽¹⁾	13
GREEN ROOF	OSB	0.02 m ³	23377.34 ⁽¹⁾	501.95 ⁽¹⁾	28.3
	BEAMS STONE ANGELIM 7x15 cm	0.02 m ³	9469.28 ⁽¹⁾	58.55 ⁽¹⁾	19
	BLANKET HDPE	5.25 kg	79.67 ⁽²⁾	2.87	1399
	MODULE PLASTIC (HDPE)	5.80 kg	79.67 ⁽²⁾	2.87	2131
	GEOTEXTILE BLANKET	0.20 kg	95 ⁽²⁾	3.42	758
	SUBSTRATE	60 kg	3.904 ⁽²⁾	0.14	11
	VEGETATION CACTO MARGARIDA	1.00 m ²	-	-	17
	PVC COLLECTOR	0.88 kg	65.24 ⁽¹⁾	5.92 ⁽¹⁾	13

⁽¹⁾ Saade et al. (2014)

⁽²⁾ Lopes (2014)

For the systems' construction, formwork of wood and metal shoring were used for of concrete slab and vibrating equipment was used for thickening of the concrete, but only the material consumption has been recorded.

3.2 Maintenance Phase

In systems maintenance phase, each material or component that has a smaller service life than the service life of the system has a replacement factor (RF) which means how many changes will be needed throughout the building life cycle. The values were found in the scientific literature and technical (Table 3).

Table 3. Replacement factor in the maintenance phase for 1 m² of roofing.

MATERIALS AND COMPONENTS		QUANTITY	RF
CONVENTIONAL	CONCRETE	0.10 m ³	-
	STEEL	0.14 kg	-
	WOOD STRUCTURE	0.04 m ³	-
	ROOF TILES	86.20 kg	2.5 ⁽¹⁾
	PVC TROUGH AND COLLECTOR	1.76 kg	-
GREEN ROOF	OSB	0.02 m ³	-
	BEAMS STONE ANGELIM	0.02 m ³	-
	BLANKET HDPE	5.25 kg	-
	MODULE PLASTIC (HDPE)	5.80 kg	-
	GEOTEXTILE BLANKET	0.20 kg	-
	SUBSTRATE	60 kg	9.8 ⁽²⁾
	VEGETATION CACTO MARGARIDA	1.00 m ²	-
	PVC COLLECTOR	0.88 kg	-

⁽¹⁾ Bengoa (2011)

⁽²⁾ Lamnatou and Chemisana (2014)

4. RESULTS ANALYSIS

The comparison of each life cycle phase analyzed in this study between the two roofing systems. This allowed the observation of the environmental impacts of the green roof over the conventional system (used in large-scale in social housing) in relation to energy indicators and CO₂ emissions. The result of the stages of extraction and processing and transport of the pre-use phase transport is gathered in Table 4.

Table 4. Result of LCAE and LCCO₂A in the pre-use phase to 1 m² of roofing.

MATERIALS AND COMPONENTS		QUANTITY	EE (MJ)	CO ₂ E (kg CO ₂ eq)	CO ₂ T (kgCO ₂ eq)
CONVENTIONAL	CONCRETE	0.10 m ³	100.24	15.11	0.045696
	STEEL	0.14 kg	1.42	0.21	0.000034
	WOOD STRUCTURE	0.04 m ³	352.83	2.18	0.005295
	ROOF TILES	86.20 kg	217.22	54.31	0.029308
	PVC TROUGH AND COLLECTOR	1.76 kg	114.82	10.42	0.000311
	TOTAL		786.53	82.23	0.080644
GREEN ROOF	OSB	0.02 m ³	427.81	9.19	0.004226
	BEAMS STONE ANGELIM	0.02 m ³	180.96	1.12	0.002716
	BLANKET HDPE	5.25 kg	418.33	15.06	0.099905
	MODULE PLASTIC (HDPE)	5.80 kg	462.07	16.63	0.168087
	GEOTEXTILE BLANKET	0.20 kg	19.38	0.70	0.002103
	SUBSTRATE	60.00 kg	234.24	8.43	0.008976
	VEGETATION	1.00 m ²	-	-	0.000231
	PVC COLLECTOR	0.88 kg	57.41	5.21	0.000156
TOTAL		1800.20	56.34	0.286399	

In the construction phase, the use of materials such as wood and steel, occurs in the conventional system. The amount, with the total embodied energy and CO₂ emissions are shown in Table 5. The energy and CO₂ factors were extracted from Table 1, considering a metal shoring with cross pieces on wooden boards and closing in plywood.

Table 5. Result of LCAE and LCCO_{2A} in the construction phase to 1 m² of roofing.

MATERIALS AND COMPONENTS	QUANTITY	EC (MJ)	CO ₂ T (kgCO _{2eq})
PLYWOOD FORM	0.01 m ³	187.02	0.001847
METAL SHORING	23.22 kg	238.47	0.000034
WOOD PARTS	0.01 m ³	121.56	0.000739
TOTAL		547.05	0.002620

The maintenance phase of two systems is presented in Table 6, with the total amount of energy consumption (EM) and CO₂ emissions (CO₂M) for the tiles (conventional system) and the substrate (green roof).

Table 6. Result of LCAE and LCCO_{2A} in the maintenance phase to 1 m² of roofing.

MATERIALS AND COMPONENTS	QUANTITY	RF	EM (MJ)	CO ₂ M (kgCO _{2eq})	CO ₂ T (kgCO _{2eq})
TILES	86.20 kg	2.5	543.06	54.31	0.07
SUBSTRATE	60.00 kg	9.8	2295.55	8.43	0.09

The total values are shown in Figure 4 (in MJ/kg or MJ/m³). It were obtained for both systems studied, correlated to the analyzed phases. The transport phase included all shifts: the material transport of plants or sale point to the building site in the maintenance phase.

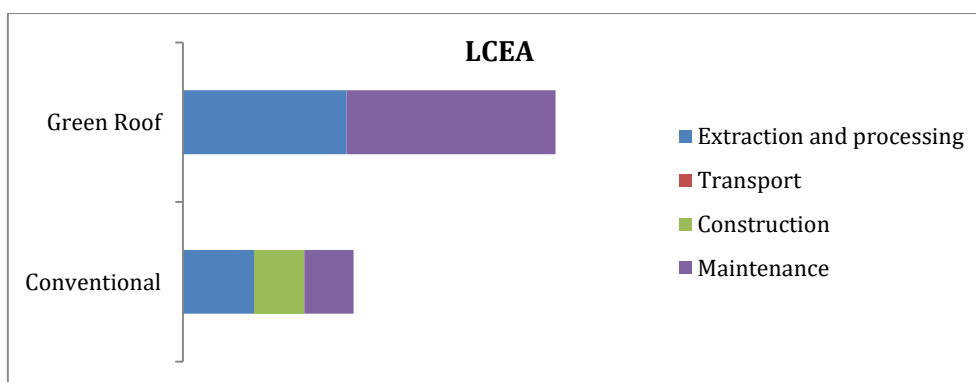


Figure 4. Result of life cycle energy to the two systems. Source: Authors, 2016

In Figure 5, the same results are presented for CO₂ emissions quantified in LCCO_{2A}. The results are in kgCO_{2eq}/kg or kgCO_{2eq}/m³ depending on the unit of measure of the analyzed material.

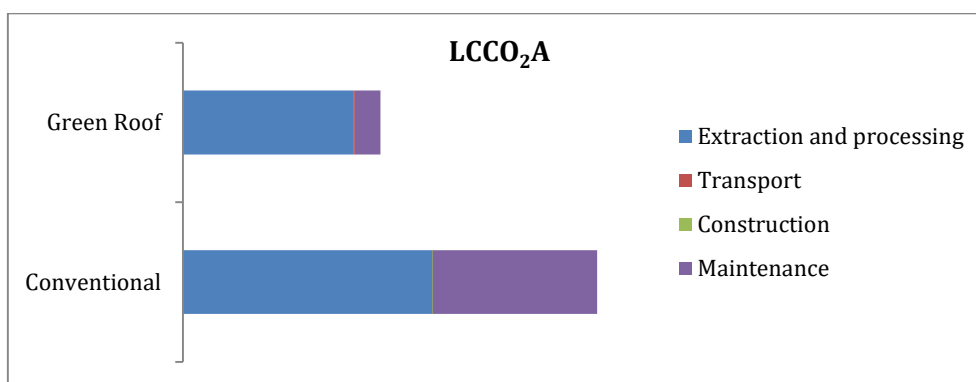


Figure 5. Result of life cycle CO₂ emissions to the two systems. Source: Authors, 2016

With the results, it is observed that the higher energy consumption achieved by the green roof system was in the phases of extraction and processing and maintenance, because it has a frequent replacement of the substrate layer. However, in assessing the life cycle CO₂ emissions, the conventional system has a disadvantage. All total values of the phases of LCEA and LCCO_{2A} are shown in Table 7.

Table 7. Result of all values of LCEA and LCCO_{2A} in the phases to 1 m² of roofing.

	LCEA (MJ)		LCCO _{2A} (kgCO _{2eq})	
	Conventional	Green roof	Conventional	Green roof
Extraction and processing	786.53	1800.20	82.23	56.34
Transport	0	0	0.16	0.37
Construction	547.05	0	0.0026	0
Maintenance	543.06	2295.55	54.31	8.43

5. CONCLUSION

Two roofing systems were analyzed: conventional and green roof system. The first one is already used in large scale in Brazilian social housing. The second one is still not broadcast, offers numerous aesthetic, environmental, thermal advantages, among others. The methodology focused on the search for secondary data, especially national, to composition of the life cycle assessment.

It is noted by the results that the isolated energy analysis doesn't indicate the best solution, and neither the CO₂ analysis. The evaluation of the two combined of LCA seems to be more suitable to compose the environmental profile of the systems.

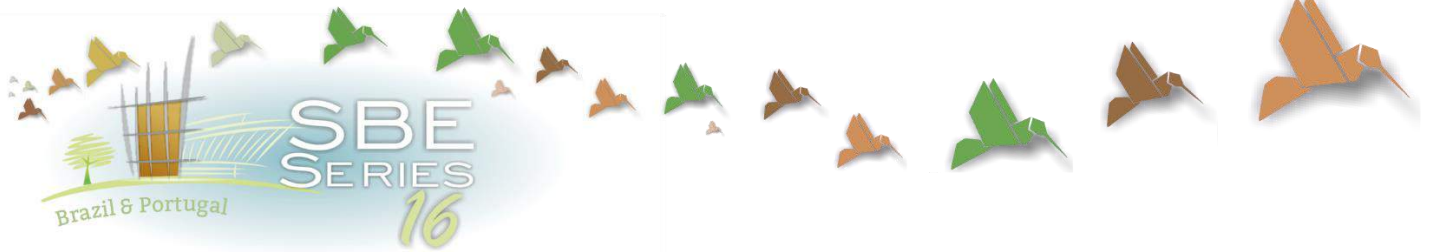
The conventional system has proved better in LCEA, but became worse in LCCO_{2A}. In the maintenance phase, the necessity for replacement of material in the conventional system has a high emission levels embedded, which is ceramic tile. the green roof replacement is the substrate, which is an organic material.

To confirm these values and extract other observations, it's necessary that in future work should be use primary dates or other databases used in Brazil. Other indicators should also be raised, such as the CO₂ equivalent, water footprint, among others, selected according to their importance in Brazil.

REFERENCES

- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR ISO 14040. Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2009.
- Atmaca, A.; Atmaca, N. Life cycle energy (LCEA) and carbon dioxide emissions (LCCO_{2A})assessment of two residential buildings in Gaziantep, Turkey. *Energy and Building*, v. 102, p. 417-437, 2015.
- Bianchini, F. & Hewage, K. 2012 How “green” are the green roofs? Lifecycle analysis of green roof materials. *Building and Environment* 48: 57-65.
- Bengoa, X. Quantis Internacional. *Análise comparativa do ciclo de vida das Telhas cerâmicas versus Telhas de concreto*. Montreal: Anicer, 2011. 77 p. Disponível em: <http://anicer.com.br/acv/ACV_Telhas_Cerâmicas.pdf>. Acesso em: 18 maio 2016.
- BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética EPE. Balanço Energético Nacional 2015 ano base 2014. Brasil, 2015.

- Cerón-Palma, I. & Sanyé-Mengual, E.; Oliver-Solà, J.; Montero, J.; Ponce-Caballero, C.; Rieradevall, J. Towards a green sustainable strategy for social neighbourhoods in Latin America: Case from social housing in Merida, Yucatan, Mexico. *Habitat International*, v. 38, p.47-56, abr. 2013.
- Chau, C. K.; Leung, T. M.; Ng, W. Y. A review on Life Cycle Assessment, Life Cycle Energy Assessment and Life Cycle Carbon Emissions Assessment on buildings. *Applied Energy*, v. 143, p.395-413, 2015.
- Coma, J.; Pérez, G.; Solé, C.; Castell, A.; Cabeza, L. Thermal assessment of extensive green roofs as passive tool for energy savings in buildings. *Renewable Energy*, v. 85, p.1106-1115, 2016.
- Contarini, A.; Meijer, A. LCA comparison of roofing materials for flat roofs. *Smart and Sustainable Built Environment*, vol. 4, p.97 - 109, 2015.
- Estado De Santa Catarina (Estado). *Lei Nº 14.243*. Santa Catarina, 2007.
- Kosareo, L.; Ries, R. Comparative environmental life cycle assessment of green roofs. *Building and Environment*, v. 42, p.2606-2613, 2007.
- Lamnatou, C.; Chemisana, D. Photovoltaic-green roofs: a life cycle assessment approach with emphasis on warm months of Mediterranean climate. *Journal of Cleaner Production*, v. 72, p.57-75, 2014.
- Lopes, Thais Vieira. *Telhado verde, energia embutida e emissão de CO₂: uma análise comparativa a sistemas de cobertura convencionais*. 2014. 92 f. Monografia (Especialização) - Curso de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.
- Nabut Neto, A. C. *Energia Incorporada e emissões de CO₂ de fachadas. Estudo de caso do steel frame para utilização em Brasília, DF*. Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Publicação E.DM-009A/11, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 117 p. 2011.
- Pedroso, G. M. *Avaliação de ciclo de vida energético (ACVE) de sistemas de vedação de habitações*. Tese de Doutorado em Estruturas e Construção Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, DF, 226p, 2015.
- Pereira, M. F. B. *Conteúdo energético e emissões de CO₂ em coberturas verdes, de telha cerâmica e de fibrocimento: estudo de caso*. 2014. 148 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.
- Peri, G.; Traverso, M.; Finkbeiner, M.; Rizzo, G. Embedding "substrate" in environmental assessment of green roofs life cycle: evidences from an application to the whole chain in a Mediterranean site. *Journal of Cleaner Production*, v. 35, p.274-287, 2012.
- Prefeitura do Recife. *Lei Nº 18.112*. Recife, 2015.
- Saade, M.; Silva, M.; Silva, V.; Franco, H. G.; Schwambach, D.; Lavor, B. Material eco-efficiency indicators for Brazilian buildings. *Smart and Sustainable Built Environment*, v. 3, p.54-71, 2014.
- Saiz, S.; Kennedy, C.; Bass, B.; Pressnall, K. Comparative Life Cycle Assessment of Standard and Green Roofs. *Environmental Science & Technology*, v. 40, p.4312-4316, 2006.
- Savi, A. C. *Telhados verdes: uma análise da influência das espécies vegetais no seu desempenho na cidade de Curitiba*. 2015. 179 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de pós-graduação em Engenharia de Construção, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.
- TAVARES, S. F. *Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras*. Tese de doutorado, PPGEC, UFSC, Florianópolis, SC, 2006.
- Tavares, S.; Lopes, T.; Savi, A; Oliveira, E. Telhado verde, energia embutida e emissão de CO₂: análise comparativa a coberturas convencionais. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15, 2014, Maceió. Anais do XIV ENTAC. Maceió: ANTAC, 2014. P. 1-10.



Dificuldades na implementação do design builder no mercado brasileiro

Álvaro José Bremenkamp

Universidade de Vila Velha, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Vila Velha (ES), Brasil
alvaro.bremenkamp@yahoo.com.br

Larissa Letícia Andara Ramos

Universidade de Vila Velha, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Vila Velha (ES), Brasil
larissa.ramos@uvv.br

Luciana Aparecida Netto de Jesus

Universidade de Vila Velha, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Vila Velha (ES), Brasil
Luciana.jesus@uvv.br

Pedro Henrique Ribeiro Cortez

Universidade de Vila Velha, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Vila Velha (ES), Brasil
Pedroribeiro.cortez@gmail.com

ABSTRACT: Os edifícios são grandes consumidores de energia, representando cerca de 40% do consumo no Brasil. Esta realidade deve-se frequentemente à má concepção projetual, que ignora sistemas e equipamentos que trazem economia de energia e o correto dimensionamento das cargas térmicas. Quando analisados usos comercial e serviço, com 15,4% e 8,0% respectivamente, a iluminação e o condicionamento de ar são os grandes responsáveis por esse consumo. A simulação computacional no processo de projeto vem contribuir e facilitar o entendimento do desempenho térmico, acústico e lumínico prevenindo possíveis problemas que só seriam percebidos durante a utilização e ocupação da edificação. Neste contexto, a aplicação de softwares que analisam características de conforto ambiental para a arquitetura e urbanismo é de grande valia pois possibilita maior eficiência energética e redução dos custos operacionais nos edifícios. O programa Design Builder, lançado no ano 2000 e amplamente usado no exterior, vem suprir uma lacuna existente entre os programas já difundidos no mercado, como Energy Plus, conciliando uma interface de modelagem amigável com grande capacidade de análises em diversos panoramas. Sendo assim, pretende-se neste trabalho apresentar dificuldades na disseminação do Design Builder no mercado brasileiro, assim como a resistência em adotá-lo. A metodologia utilizada consiste na pesquisa bibliográfica documental e na busca de manuais sobre aplicativos de simulação, com foco no Design Builder. Os resultados obtidos evidenciam que vocabulário com uso de inglês instrumental específico da área, a falta de cursos de capacitação, a não-regionalização da biblioteca de materiais, assim como outros fatores, são os principais obstáculos para seu uso, no mercado brasileiro.

Keywords Design Builder, Energy Simulation, Architecture.

1. INTRODUÇÃO

O uso de energia varia desde atividades complexas, como abastecimento energético de indústrias até usos em aparelhos mais simples como a bateria dos celulares e a energia destinada a iluminação. Devido à grande demanda por energia, a humanidade vem procurando sempre aperfeiçoar tecnologias energéticas a fim de minimizar perdas e aperfeiçoar os processos de produção, transformação e condução da energia. O conceito de eficiência energética, em um panorama amplo, pode ser entendido como a obtenção do melhor desempenho na produção de um serviço com o menor gasto de energia possível (C.E.L.P.E., 2013). Na arquitetura, porém, esse conceito é mais abrangente e detalhado, podendo ser entendido como uma característica da edificação em possibilitar conforto térmico, lumínico e acústico aos usuários com o menor consumo possível de energia. Sendo assim, um edifício é considerado mais eficiente energeticamente que outro quando consegue fornecer condições iguais ou melhores, com menor consumo de energia (Lamberts, et al. 2004).

Os edifícios são grandes consumidores de energia, representando cerca de 40% do consumo no Brasil. Esta realidade deve-se frequentemente à má concepção projetual, que ignora condicionantes locais, sistemas e equipamentos que trazem economia de energia e o correto dimensionamento das cargas térmicas. Quando analisados os usos comercial e serviço, com 14,8% e 8,0% respectivamente, a iluminação e o condicionamento de ar são os grandes responsáveis por esse consumo (Ministério de Minas e Energia, 2016).

A eficiência energética é cada vez mais necessária em um mercado abarrotado de edificações que não atendem as necessidades básicas de conforto ambiental. Simples decisões de projetos podem mudar completamente a qualidade ambiental do mesmo e, como se isso não fosse o suficiente, ainda pode acarretar em grandes economias no gasto final de energia. Utilizar cores claras nas paredes e tetos e pensar corretamente na dimensão e posicionamento das aberturas são algumas das atitudes que podem, de maneira geral, diminuir o uso de iluminação. Deve-se, porém, ter cuidado com esta última visto que aberturas permitem não só a passagem de luz e ar, mas também de radiação solar que aumenta a temperatura interna do ambiente. É importante ressaltar também que, mesmo a iluminação natural sendo importante tanto para qualidade de vida quanto para economia do usuário, ela é imprevisível. Assim, não se pode descartar o trabalho em conjunto com a iluminação artificial.

Tal qual a luminosidade, as condições térmicas são de extrema importância. Os condicionadores de ar, muito comuns em empreendimentos comerciais de grande porte, são equipamentos de climatização muito difundidos no Brasil. Nesses empreendimentos, preservar a qualidade do ar no interior do edifício pode evitar a poluição sonora e ambiental, aumentando a sensação de conforto. Em contrapartida, caso sejam utilizadas fachadas revestidas por pele de vidro, a temperatura interna dos edifícios se eleva e, se não forem pensadas estratégias de ventilação que compensem o ganho de calor devido ao efeito estufa do vidro, os aparelhos de ar-condicionado tornam-se indispensáveis. Todas essas características são pensadas no período de projeto e simulação, e o desenho arquitetônico da construção é parte essencial para esses estudos.

Durante o desenvolvimento do projeto arquitetônico, o desenho funciona como meio de comunicação mostrando e descrevendo todos os detalhes de como foi pensada determinada edificação, servindo ainda como ferramenta de registro para futuras consultas.

Com o desenvolvimento tecnológico surgiram ferramentas de CAD (Computer-Aided Design) e BIM (Building Information Modeling) que acabaram por substituir o desenho técnico à mão. E assim foram surgindo diversas ferramentas que funcionam com base em computadores, dentre elas, as ferramentas de simulação. Em se tratando de projetos arquitetônicos, a simulação computacional para análise termoenergética pode prever a maneira como um edifício irá se comportar em um determinado ambiente. Em outro panorama, pode auxiliar na redução de custos de um edifício em longo prazo. Em questões de economia de energia, a iluminação natural e ventilação híbrida, que une os tipos de ventilação natural e artificial, quando utilizadas corretamente podem reduzir em quase 70% o gasto energético (Rupp, 2013).

A simulação computacional no processo de projeto facilita o entendimento do desempenho térmico, acústico e lumínico prevendo possíveis problemas que só seriam percebidos durante a utilização e ocupação da edificação. Neste contexto, a aplicação de softwares que analisam características de conforto ambiental é de grande valia pois possibilita a prevenção de futuras despesas extras com correções, nos edifícios. Através da simulação, a escolha de materiais, os modos de implantação, as ferramentas de sombreamento, a ventilação e a iluminação natural tornam-se ainda mais eficiente e, se corretamente utilizados, os programas de simulação podem contribuir para uma arquitetura cada vez mais sustentável e com maior eficiência energética.

O programa Design Builder, lançado no ano 2000 na Inglaterra, e amplamente usado no exterior, vem suprir uma lacuna existente entre os programas já difundidos no mercado como Energy Plus, conciliando uma interface de modelagem amigável com grande capacidade de análises em diversos panoramas. Sendo assim, pretende-se com este trabalho apresentar dificuldades da disseminação do software de simulação energética Design Builder no mercado brasileiro, assim como a resistência em adotá-lo. Para tal, serão apresentados tanto o software quanto os pontos fortes e fracos, onde ele poderia melhorar visando sua utilização por usuários brasileiros.

2. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento desta pesquisa, foi utilizada uma metodologia composta por pesquisa bibliográfica documental, busca de manuais sobre aplicativos de simulação, com foco no Design Builder, uso experimental da versão de testes do programa pelos autores e entrevistas com diversas empresas do ramo, dentre elas empresas de consultoria, planejamento e projeto visando qualidade ambiental e laboratórios de referência no estudo de eficiência energética e conforto.

A pesquisa bibliográfica documental foi primordial a fim de entender não só a essência da simulação computacional, mas também a base da busca do homem pelo conforto ambiental e da eficiência energética através da arquitetura. Depois de construída uma base com os conhecimentos teóricos de conforto, simulação e eficiência energética, foram estudados alguns dos programas conhecidos do meio por seus grandes diferenciais como Energy Plus, Autodesk Ecotect Analysis e Design Builder.

Para adquirir experiência e testar a receptividade do programa a novos usuários, foi utilizada a versão disponibilizada do programa de testes por um período de 30 dias, encontrada no site da própria Design Builder Software (DBS), desenvolvedora do Design Builder. Nele foi desenvolvida uma modelagem de edifícios já existentes por alunos do curso

de Arquitetura e Urbanismo a fim de verificar as condições de conforto dos mesmos. Contudo, nenhum dos usuários possuía experiência com o programa o que permitiu uma perfeita percepção de “novo usuário”. A experiência dos alunos foi somada à opinião de empresas de arquitetura e de consultoria e projeto de qualidade e conforto ambiental através de pesquisa feita utilizando a plataforma de formulários da Google, o Google Forms. Nessa pesquisa, 30 empresas de diferentes estados brasileiros receberam um formulário com onze perguntas acerca de sua experiência com simulação, estudo de eficiência energética e sua aplicação no mercado. Apenas 10 das empresas entrevistadas responderam, o que serviu como base para traçar o perfil de “usuário experiente”. Os dois perfis foram analisados e a partir daí foram identificados pontos onde o Design Builder não atende satisfatoriamente o público brasileiro

3. A SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE DESEMPENHO ENERGÉTICO E O DESIGN BUILDER

O processo projetual, no que se refere à disposição de aberturas para ventilação e iluminação natural, radiação solar, forma do edifício e materiais empregados, por muitos anos, foi definido, em grande parte, de forma intuitiva, ou seja, os cálculos estruturais e matemáticos limitavam-se à análise estrutural e da ergonomia dos espaços. Até mesmo os cálculos das potências dos equipamentos a serem instalados, eram habitualmente realizados com base na experiência e em cálculos empíricos, o que muitas vezes resultava em sobre dimensionamento das potências instaladas com o conseqüente aumento do consumo e custos de manutenção. Esta prática dificultava o processo de análise e a definição de metas que resultassem no aumento da eficiência energética, e também gerava entropia no próprio processo de controle regulamentar (Jesus, 2011).

O uso por ferramentas computacionais no desenvolvimento de projeto de arquitetura é recente e ainda é limitado o número de profissionais que conhece recursos existente para simular aspectos internos e externos de um edifício. Os softwares utilizados nas simulações computacionais auxiliam na visualização e interpretação do comportamento do ambiente, e podem gerar respostas próximas a realidade, contribuindo nos processos de projeto em Arquitetura. É importante que durante a fase projetual, o arquiteto tenha segurança de que as soluções propostas contemplarão as exigências de projeto e, as simulações viabilizam estudos quantitativos e qualitativos do ambiente, através de resultados numéricos e de representações realísticas do espaço projetado.

Na área de conforto ambiental e eficiência energética as ferramentas de simulações contribuem para melhor compreensão das relações existente entre o edifício, o clima, atividades realizadas, seus usuários e equipamentos utilizados. Ainda permitem reproduzir elementos que podem ser utilizadas para testar o comportamento do edifício sob diversos aspectos, atribuindo ao modelo simulado, características realísticas.

Os programas e softwares de simulação, disponíveis para calcular o consumo previsível de um edifício, podem ser classificados, segundo Jesus (2011), da seguinte forma:

- Modelos simplificados monozona: Estes modelos fazem a análise do comportamento do edifício como um único volume, ou seja, apenas considerando condições e características mais gerais associadas ao referido volume (localização, temperatura exterior, distâncias e obstáculos, tipo de volume, tipo de envolvente, outros); e

- Modelos detalhados multizona: Esta análise, sendo muito mais específica do que a anterior, separa o edifício em zonas, atribuindo-lhe diferentes características. Desta forma, permite a obtenção de um resultado final próximo da realidade, desde que assegurados todos os requisitos de informação exigidos pela ferramenta, que contrariamente à anterior, apresenta características de elevada especificidade e pormenorização.

Para a melhor utilização e otimização das características e "outputs" produzidos por estas ferramentas, devem ser identificadas e fornecidas informações (elementos) sobre os fatores externos, bem como a especificação das condições de relacionamento entre o edifício e esses mesmos fatores externos. São eles:

- As características do local, tais como: a orientação solar, a direção do vento dominante, o sombreamento provocado pela envoltória, entre outras; e
- Condicionantes internos, onde são analisados: a forma do edifício, localização e dimensão das aberturas, os materiais utilizados, a dimensão dos espaços e as atividades existentes, as áreas climatizadas e não climatizadas, bem como outras características de projeto determinantes para a sua adequada análise.

A seguir são exemplificadas algumas ferramentas de simulação de desempenho energético do edifício que se encontram disponíveis no mercado, algumas delas de utilização gratuita, e outras apenas acessíveis de forma comercial, com ênfase nas dificuldades de implementação do Design Builder no mercado brasileiro.

3.1 Energy Plus

O Energy Plus é um software que permite gerar análises energéticas e simular cargas térmicas das edificações a fim de determinar seu consumo de energia nos sistemas de aquecimento, iluminação e ventilação.

Tal programa possui alguns diferenciais que o colocam a frente dos demais softwares de simulação dentre eles, intervalos de tempo menores que uma hora, bibliotecas diversificadas com diversos tipos de esquadrias, controle de luz do dia, sistemas de condicionamento de ar configuráveis, dentre tantos outros. Entretanto o programa em si não dispõe de uma interface amigável. Nele, é necessário, fornecer ao programa um grande número de informações e dados, tais como características construtivas e condições do meio onde o edifício está inserido. Por exemplo, para criar uma zona térmica, denominação dada pelo Energy Plus para o ambiente a ser analisado, é necessário, criar um arquivo e atribuir a ele características da parede como material, dimensões e camadas. Depois disso, preencher uma tabela informando as coordenadas da zona, e descrever cada uma das paredes do ambiente (norte, sul, leste e oeste) e inserir no programa para que ele processe. O programa ainda possui uma interface constituída por tabelas e números, sem existir um ambiente de desenho bidimensional ou de modelagem 3D, conforme ilustrado na Figura 1. Isso significa que ele depende de programas como o Autodesk AutoCAD e SketchUP para desenvolver o modelo. Este, deve ser importado ao programa em formato compatível e os demais dados, como características de materiais e dimensões das paredes, devem ser inseridos de maneira textual, preenchendo as lacunas existentes no programa, destinadas a isso.

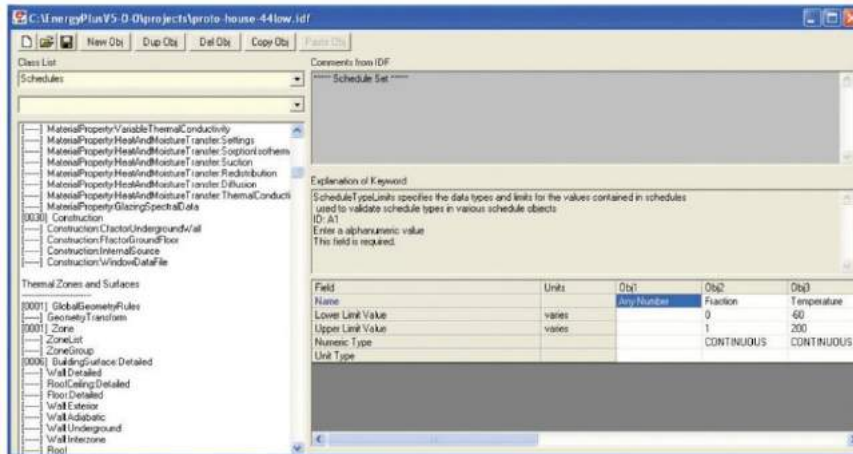


Figura 1: Interface e Inserção de dados do EnergyPlus

3.2 Autodesk Ecotect Analysis

O Software Ecotect Analysis apresenta um método bem diferente do Energy Plus. Possui uma interface amigável e autoexplicativa com um sistema de modelagem 3D interativo (Fig. 2). Nele é possível realizar simulações de insolação e iluminação, assim como condições de temperatura de determinado ambiente e os resultados das simulações são apresentados diretamente no contexto do modelo de construção.

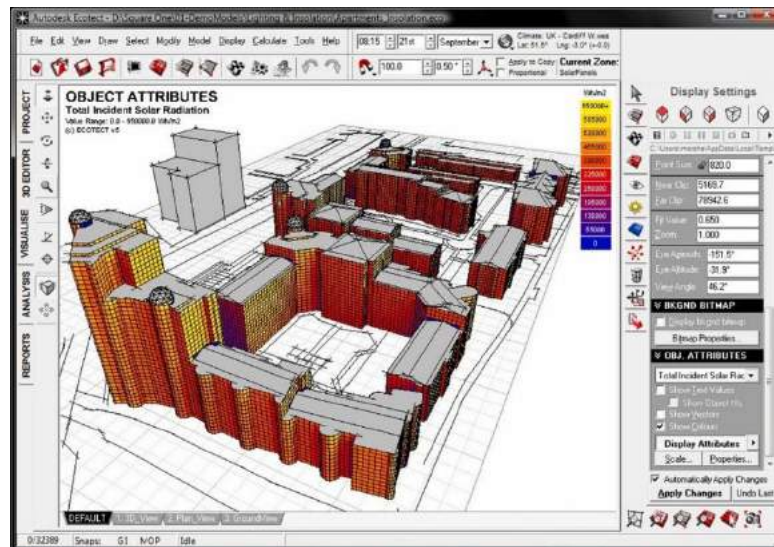


Figura 2: Interface de modelagem do Ecotect. Fonte: Rundell, 2008

Em junho de 2008, a empresa até então responsável pelo produto, a “Square One Research”, vendeu o software para a Autodesk que acrescentou a este, ferramentas que possibilitaram uma maior integração ao software “Revit Architecture”. O “Autodesk Ecotect Analysis” se diferencia dos outros programas de simulação por focar na parte inicial de projeto, durante o estudo da forma arquitetônica do edifício. A análise e simulação nesse momento em que decisões simples podem ser determinantes, pode contribuir muito para alcançar o desempenho exigido nos edifícios modernos atuais.

A Autodesk, porém, em março de 2015, anunciou que novas licenças para o software não seriam lançadas. As licenças existentes, seriam mantidas em funcionamento e continuariam

recebendo o suporte técnico da Autodesk. Ela decidiu que o “Ecotect Analysis”, antes independente, irá fazer parte do conjunto de funcionalidades da família de produtos Revit. O objetivo da empresa ao fazer isso, é integrar os softwares a fim de concentrar e otimizar as equipes e recursos para o desenvolvimento de softwares relacionados ao sistema BIM. (Autodesk Education Community, 2015).

3.3 Design Builder

No meio desse grande número de programas, surgiu no ano 2000, o programa Design Builder. Amplamente usado no exterior, o programa desempenha um papel ainda não encontrado entre os programas já conhecidos como Energy Plus e o Ecotect, já que concilia uma interface de modelagem amigável (Fig. 3) com uma grande capacidade de análises em diversos panoramas. O programa foi construído a partir do motor Energy Plus e, como tal, ele possibilita o cumprimento de um dos quesitos para certificação de seus resultados perante a LEED, feita pela organização U.S. Green Building Council (USGBC) de acordo com a racionalização dos recursos (eletricidade, etc.) do edifício.

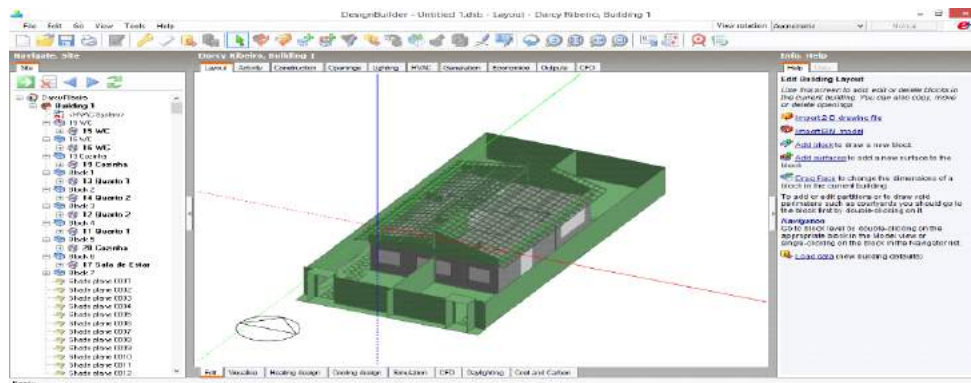


Figura 3: Interface de modelagem do Design Builder

Por ter sido desenvolvido a partir do Energy Plus, ele permite a inserção de maiores recursos de envoltória e envidraçamento quando comparado ao seu programa raiz. Além disso, no Design Builder existe um enorme banco de dados de materiais, construções, caixilharia e persianas que pode ser utilizado para aproximar ao máximo o modelo de simulação do modelo real. Também possui as opções do Compact AVAC (HVAC) que permite a montagem e simulação de um grande número de sistemas de aquecimento e resfriamento, com facilidade e sem a necessidade de elaboração de diagramas complexos.

Conforme mencionado anteriormente, a experiência dos estudantes do curso de Arquitetura e Urbanismo da UVV, somada à opinião de empresas de consultoria e projeto de qualidade e conforto ambiental foram identificados pontos onde o Design Builder não atende satisfatoriamente o público brasileiro.

4. Resultados

Conforme citado anteriormente, e de acordo com as dez entrevistadas, 8 das empresas que trabalham com eficiência energética utilizam softwares de simulação e apenas 2 não os utiliza. Quando questionado sobre o motivo da não utilização de softwares, uma das empresas entrevistadas registrou o seguinte depoimento:

“Na verdade, tive acesso e conheci o software Design Builder, que utilizei em minha dissertação de mestrado. Posteriormente abri a empresa com o objetivo de incluí-lo no nosso leque de serviços. Entretanto, o mercado parece ainda não ter absorvido a necessidade de proceder investigações a respeito do consumo de energia dos edifícios antes da construção. Estamos preparados para atender às demandas preliminares do mercado, seguros de que, com o aumento na procura, poderemos desenvolver e divulgar melhor o assunto e inclusive nosso conhecimento a esse respeito ainda mais.”

As empresas que utilizam softwares de simulação energética foram questionadas sobre o programa utilizado. Dessas, nenhuma das empresas que responderam ao questionário utilizava DOE-2, ficando divididas em 4 para o Energy Plus (50%), 2 entre Ecotect Analysis (25%) e 2 Design Builder (25%), conforme Figura 4.

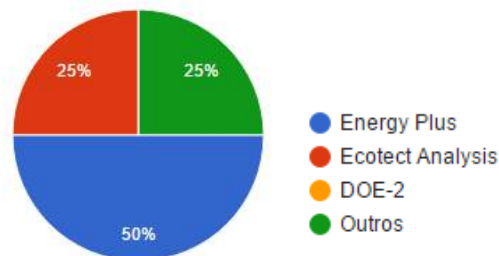


Figura 4: Softwares utilizados pelas empresas entrevistadas.

Foi verificado ainda que 8 dos entrevistados (62,5%) conhece, mas não utiliza o Design Builder (Fig. 5) sendo, como as principais causas de não utilização, à dificuldade com o idioma inglês, o desconhecimento da ferramenta e o uso de outro programa de simulação.

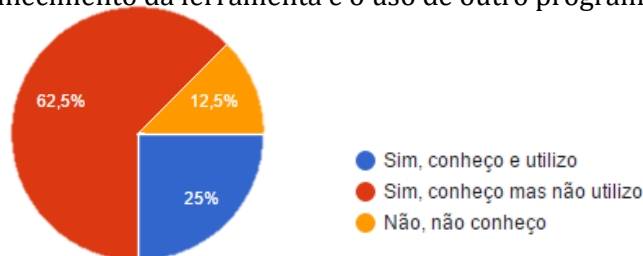


Figura 5: Percentual de utilização do Design Builder pelas empresas entrevistadas.

O resultado mostrou também que, sem uma versão atual traduzida para o português e devido ao uso de um vocabulário em inglês instrumental específico da área, o Design Builder torna o entendimento de suas funções e ferramentas, principalmente para pessoas que não dominam o idioma, difícil e demorado. As entrevistas também demonstraram que se fosse disponibilizado uma versão traduzida para o português brasileiro, 50% das empresas que conhecem, mas não utilizam o programa, passariam a adotá-lo nas suas análises de desempenho do edifício.

A Design Builder Software (DBS), empresa que desenvolveu o programa, promove periodicamente cursos de treinamento e capacitação, presenciais e online, a fim de preparar os profissionais para o uso do programa. No entanto, percebe-se que esses cursos presenciais acontecem em diversos países, porém não no Brasil. Para atender a demanda

nacional, a empresa disponibiliza de cursos online. Entretanto, os cursos online também não oferecem suporte para o português nem por tradução simultânea, nem por meio de legendas. Quanto à valores, os cursos online custam entre €300,00 e €400,00 e os valores, na modalidade presencial, variam de acordo com o país onde serão ministrados. A DBS oferece, esporadicamente, treinamentos gratuitos, esses treinamentos têm duração de aproximadamente uma hora e tem quase total caráter ilustrativo sem grandes aprofundamentos na capacidade de simulação e modelagem do programa. O cronograma com data e horário, assim como método de inscrição para cada modalidade de curso, pode ser encontrado no site oficial da DBS. Ainda, de acordo com as entrevistas, todas as empresas cogitariam o uso do programa caso houvessem cursos de preparação, presenciais e em português, do mesmo.

Outras dificuldades mencionadas por usuários do programa, foram a não-regionalização da biblioteca de materiais e a dificuldade no preenchimento dos dados requeridos para a simulação. Pensar em simulação de desempenho energético de edifícios em países diferentes, visa ter em mente a diversidade de métodos construtivos, para assim, o software ter um alcance e utilidade global. É necessário estudar os materiais mais comumente aplicados em cada região para que o modelo projetado seja satisfatório e corresponda às expectativas, não produzindo dados incorretos. No caso do Brasil, faltam alguns materiais e revestimentos de paredes, assim como esquadrias específicas. Sobre um contexto geral, faltam ao programa ferramentas que possibilitem um melhor desenvolvimento do modelo de estudo como aplicação de telhados e áreas de pátios. Quanto à simulação, o Design Builder, em sua biblioteca standard de dados, verifica insuficiência de dados relativos ao clima de países tropicais. Informações como umidade do ar e temperatura média precisam constantemente ser ajustadas manualmente devido aos seus valores que não representam a realidade.

Por outro lado, as empresas relataram, como vantagens do uso do Design Builder a relação entre a interface amigável e a grande capacidade de análise, considerada principal diferencial do programa, e a capacidade de validação perante a certificação LEED que é um dos métodos de avaliação de sustentabilidade utilizado no mercado brasileiro.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os edifícios são grandes consumidores de energia, tendo a iluminação e o condicionamento de ar, os grandes responsáveis por esse consumo. A simulação computacional no processo de projeto vem contribuir e facilitar o entendimento do desempenho térmico, acústico e lumínico prevendo possíveis problemas que só seriam percebidos durante a utilização e ocupação da edificação. O programa Design Builder foi lançado visando suprir uma lacuna existente entre os programas já difundidos no mercado brasileiro, entretanto, os resultados obtidos nesta pesquisa evidenciam que o vocabulário com uso de inglês instrumental específico da área, a falta de cursos de capacitação, a não-regionalização da biblioteca de materiais são os principais obstáculos para seu uso, no mercado brasileiro.

Segundo os resultados apresentados, é possível perceber que existe potencial para consolidação do Design Builder no mercado brasileiro. Essa consolidação deve ser resultada de ações de ambos os lados, clientes e a Design Builder Software. Pelo lado dos clientes, é necessário haver um interesse maior quanto a investigação a respeito do consumo de energia dos edifícios antes da construção e a busca por empresas que atendam a essa

necessidade. Vale ressaltar, apesar de não ter sido o foco deste trabalho mas que abre oportunidades para futuras pesquisas, o uso acadêmico do programa que está presente em núcleos de pesquisa e laboratórios, em diversas universidades auxiliando no ensino e desenvolvimento de futuros profissionais. Dentre as universidades podemos citar o LABEEE – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações na UFSC, o LABESBIM - Laboratório de Engenharia Simultânea e BIM na UFES e o NEP – Núcleo de Estudos e Práticas na UVV-ES. Cabe a DBS, por sua vez, atender aos requisitos dos usuários mostrados no resultado, como atenção a uma biblioteca de materiais regionalizada, tradução ao idioma local e a realização de cursos de capacitação que se encaixem ao perfil de usuário brasileiro.

REFERÊNCIAS

- Autodesk Education Community, 2015. *Sustainable Building Design Software*. [online]. [cited 5 July 2016] Available from: <http://sustainabilityworkshop.autodesk.com/software/ecotect>
- CELPE - Centro brasileiro de informação de eficiência energética. 2006. *Etiquetagem em Edificações*. São Paulo: PROCEL
- Jesus, L. A. N. 2011. *Metodologia de aplicações de conceitos de sustentabilidade aplicados à edificações*. Portugal: Universidade de Minho.
- Lamberts, R.; Dutra L. & Pereira F.O.R. 2010. *Eficiência Energética na Arquitetura*. 3ª Edição. Rio de Janeiro: Eletrobrás
- Melo, A. P.; Westphal, F. S. & Matos, M. 2009. *Apostila do Curso Básico de Energy Plus*. Santa Catarina
- Ministério de Minas e Energia. 2016. *Relatório Síntese ano base 2015*. Rio de Janeiro: EPE
- Moura, E. 2009. *Tecnologia: Fachadas Respirantes*. Edição 144. São Paulo: Technè
- Naturalworks. 2009. *Introdução a simulação do comportamento térmica dos edifícios*. 8 ed. Lisboa.
- Papa, R. P. & De Souza, R. V. G. 2010. Análise do desempenho térmico de uma edificação em termos da classificação junto ao RTQ-C: *Simulação computacional das salas de aula do 3º andar da escola de arquitetura da UFMG*. ENTAC 2010, Rio Grande do Sul
- Rohleder, E.; Speck, H. J. & Gómez, L. A. 2000. *A Importância do desenho no processo de Projeto*. Santa Catarina: UFSC.
- Rupp, R. F. & Ghisi, E. 2013. *Potencial de economia de energia elétrica através do uso da luz natural e da ventilação híbrida em edifícios comerciais em Florianópolis*, Rio Grande do Sul
- Takaoka, M.; Campos, E. F. 2013. *Boletim Informativo do Conselho Brasileiro de Construção Sustentável*. 7 ed. São Paulo: CBCS Notícias
- Trindade, S. C. 2006. *Simulação computacional como ferramenta de auxílio ao projeto: aplicação em edifícios naturalmente ventilados no clima de Natal/RN*. Rio Grande do Norte: UFRN
- Rundell, R. 2008. *BIM and Autodesk Ecotect (1-2-3 Revit Tutorial)*. [online]. [cited 07 August 2016] Available from: <http://www.cadalyst.com/aec/bim-and-autodesk-ecotect-1-2-3-revit-tutorial-3775>



The influence of the window in energy consumption: A study in multi-family residential buildings

Filipe Galina Costalonga

Federal University of Espirito Santo, Planning and Project Laboratory, Vitória (ES), Brazil
filipegcostalonga@gmail.com

Ana Karolina Marques de Oliveira

Federal University of Espirito Santo, Planning and Project Laboratory, Vitória (ES), Brazil
karol_mdo@hotmail.com

Edna Aparecida Nico Rodrigues

Federal University of Espirito Santo, Planning and Project Laboratory, Vitória (ES), Brazil
edna.rodrigues@ufes.com

Artur Moreira Rodrigues

MULTIVIX, Architecture and Urbanism, Vitória (ES), Brazil
artm@terra.com.br

ABSTRACT: The urbanized areas around the whole planet have grown increasingly and according to the United Nations, the expectation is that over 70 % of the population are located in the urban centers by 2050. This growing evolution of cities boosts the energy consumption in all productive sectors and it is expected a continue growth for the coming decades. The research analysed the thermal performance of a naturally ventilated environment with different windows models, considering the quantitative Thermal Discomfort Frequency FDT (Frequência de desconforto térmico) in relation to the kilowatt hour (kWh) consumption for cooling in multifamily dwellings, Vitória / ES. There were three methodological steps: firstly, it was set up the evaluation periods, the parameters of the american standard American Society of Heating Refrigerating and Air conditioning Engineers (ASHRAE 55), the model, characteristics and physical properties of materials, with the software Design Builder. In the second step simulations were performed and in the third step it was compared the FDT in relation to the energy consumption for cooling. The results obtained by Nico -Rodrigues methodology (2015) demonstrated that the consumption of kWh for the proposed window model is smaller than the most widely used model due to the use of natural ventilation as a cooling factor and also the use of shaders. The use of components that allowed the constant ventilation and the use of shaders on the window, were important factors on improving the thermal performance of the building, demonstrated by the decrease of 36.44% of the amount of kWh needed for cooling.

Keywords *Efficient windows; energy consumption; thermal discomfort frequency*

1. INTRODUCTION

With a Growing global urbanization, challenges for sustainable development will be potentially concentrated in cities, and according to the United Nations (United..., 2014) the projections show that the urbanization, associated with the growth of the world population will be able to bring approximately 2,5 billion people to the urban areas by 2050. This urban growth influences the internal characteristics of the environments, which increasingly rely on mechanical cooling or heating systems. The solutions to improve environmental comfort are essentials, since people spend between 80% and 90 % of their lives indoors (Rupp; Vásquez; Lamberts, 2015).

This situation highlights the need for strategies aimed at energy savings in the civil construction. The National Program for Energy Conservation – PROCEL (Prorama Nacional de Conservação de Energia Elétrica) - (Programa..., 2015), estimates a consumption reduction potential of approximately 30 % with the implementation of energy efficiency measures in lighting, air conditioning and architectural interventions in the envelope, for existing buildings. This percentage rises to 50 % in new buildings, according to the National Energy Efficiency Plan (Ministério..., 2015).

According to the National Energy Balance – (BEN – Balanço Energético Nacional) - (Balanço...,2015), year base of 2014, the final energy consumption increased by 2.9 %, and the sectors that most contributed were the residential and the commercial, with an increase of 5.7 % and 7.4 %, respectively. In the residential sector, among the most consumer equipment is the air conditioner. Data from the last survey on equipment ownership and usage habits (Eletrobrás, 2007), year base of 2005, showed that the air conditioners are responsible for 20% of the electricity consumption in the residential sector, highlighting the refrigerator with 22% and the shower with 24%.

In commercial buildings it was found that the use of natural ventilation reduced by 40% the energy consumption when compared to mechanically chilled environments. They also found that the use of nocturnal ventilation is an effective method for mitigating the thermal conditions in the environments. (Stavarakakis et al., 2012, Faggianelli et al., 2014). For Rupp & Guisi (2012), the results obtained with hybrid ventilation in commercial buildings in Florianópolis, within one year, determined that even with 31.9 % of energy savings there could be dissatisfied users in the hottest season, thus requiring the use of air conditioners.

For Stavarakakis et al., (2012) the energy cost of a naturally ventilated building is 40% lower than a building with air conditioning and strategies for natural ventilation are more effective when you have a better use of local conditions. It appears that the benefits of making use of natural ventilation are of great importance in reducing energy consumption and improving environmental thermal conditions, being the main strategy for controlling the thermal comfort in residential environments located on tropical climate. (Yao et al., 2010, Kim; Park, 2010, Yin et al., 2010, Pereira; Ghisi, 2011, Faggianelli et al., 2014).

The NBR (Brazilian Standard) 15.220 (Associação..., 2005) prescribes the guidelines for the use of ventilation in seven of the eight bioclimatic zones, not recommending ventilation only for the zone 1, being the cold region of the country. Natural ventilation as a passive thermal conditioning has the ability to provide indoor environments more thermally pleasant when compared to artificially conditioned, and as a passive strategy is one of the solutions to achieve more sustainable buildings (Lamberts; Dutra; Pereira, 2014).

Thus, this research has analysed the thermal performance of a naturally ventilated environment with different windows models, considering the quantitative Thermal Discomfort Frequency (FDT) in relation to the kWh consumption for cooling in multifamily dwellings in Vitória/ES. The windows used were based on the models defined by Nico - Rodrigues (2015).

2. METHODOLOGY

There were three stages carried out: definition of evaluation periods, parameters of american standard, American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers (ASHRAE 55) model and the characteristics and physical properties of the materials; simulations, considering the operating temperature as an evaluation factor; and determining the FDT, and the kWh values for cooling.

2.1 Design and the physical properties of the materials

For comfort temperature reference (Figure 1) it was used parameters defined by ASHRAE 55 (American..., 2004) for adaptive comfort with 90% acceptance by setting the operating temperature that varies according to the external air temperature.

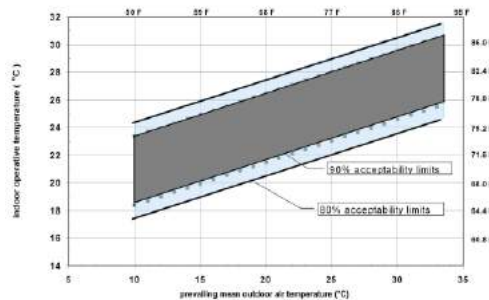


Figure 1 – Comfort temperature limits. Source: Adapted from ASHRAE (2004).

The model has five floors, with pilotis on the ground floor and apartments type consisting of two bedrooms, living room, kitchen, laundry area and bathroom (Figure 2) of approximately 70 m², highlighting to be the most commercialized type in the region of the city of Vitória (Sindicato..., 2016). The environment analyzed was the dorm showed in Figure 2

The use of natural ventilation was justified by the predominance of wind in the NE quadrant with more speed frequency of 3, 6-5, 7 m / s, which, according to Lamberts, Dutra and Pereira (2014) allows the use of natural ventilation as a resource to alleviate the thermal discomfort, especially in the warmer months.

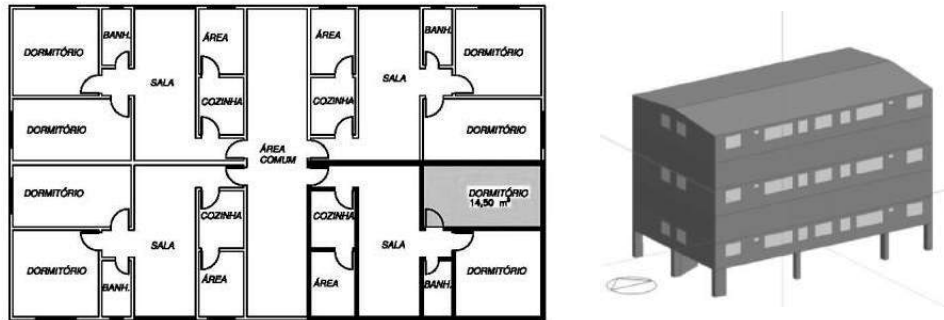


Figure 2 – Floor plan and 3D view of the building. Source: *Design Builder* (2015).

The reference values used the thermal properties of the building components of the envelope, the dress characteristics and the type of activity performed by the user defined by the Brazilian standard NBR 15220-3 (Associação..., 2005) and by the Brazilian standard NBR 15575-4 (Associação..., 2013b), on Table 1. The choice of the clothes and activities are related to the summer, considered to be the hottest season and the one that needs further studies to obtain thermal comfort.

The dimensions of the windows follow the Brazilian standard NBR 15575-4 (Associação..., 2013b), considering 8% of the floor area to the Southeast region. The windows are located on the outer walls and the window sill height is 1.0 meter. The room door is the second element to allow cross ventilation.

Table 1 : Details of the layers of the walls and slabs with the material properties . Source : drawn from the Brazilian Standard NBR 15575-4 (ASSOCIAÇÃO..., 2013b).

Dimensions - Area of the room = 13,00m ²	
Windows dimensions and areas	1,80m x 1,30m = 2,34m ²
Ventilation area M1	1,17m ²
Ventilation area M2	1,17m ² de ventilação through the shutters
Walls thermal transmittance (U)	1,76 W/(m ² .K)
Emissivity (ε) of the walls and floor	0,9
Absorptance (α) of the walls and floor	0,3
Thermal transmittance glass inc. 6 mm (U)	5,77 W/(m ² .K)
Occupation density	0,14 person/m ²
Clothing	0,5 clo
Metabolism activity - reading	115 W/person
Standard occupancy: 2 people	Day 100% (7h00 – 10h00) 50% (10h00 – 12h00 e 16h00 – 19h00) 0% (13h00 – 16h00)
	Night 100% (24h00 – 7h00) 50% (19h00 – 20h00)
M1 - window commonly used in buildings	8h00 – 21h00 - 100% window opened = 50% of the opening 21h00 – 8h00 - closed window - 0% of the opening = closed 50% of the opening with glass
M2 - window indicated by Nico-Rodrigues (2015) With glass	24 horas - 100% window opened = 50% of the opening closed with glass
With shutter	08h00 – 21h00 - 100% window opened = 50% of the opening overrides the glass 21h00 – 8h00 - window closed - 0% of the opening closed 50% with shutter
Obs.: the sliding opening system allows a maximum of 50% of opening on the window	
Artificial lighting	5 W/m ²

The windows models used in the simulation have the following characteristics: The M1 model, commonly used in buildings according to Nico -Rodrigues (2015), has a frame, two

sheets with glass and a sliding system without sun protection; and the model M2, considering the same dimensions, has shutters that provide shade in the width of the window considered by Nico- Rodrigues (2015) a model of window much more efficient (Figure 3)



Figure 3 – Windows models analysed in the simulations. Source: Nico-Rodrigues, 2015.

2.2 Simulations

The simulations were performed using the software Design Builder and it was modeled on a multifamily residential building, located in the city of Vitória, Espírito Santo. The climatic conditions of the city were analyzed by the weather file TRY (Test Reference Year) from 2000 to 2010 (Laboratório..., 2012). During the simulations they were analyzed performing thermal conditions with the use of two types of windows.

The simulations were performed for the 1st floor (on pilotis), and the orientation of the window facing the west, according to the results obtained by Nico-Rodrigues (2015) as being the worst situation for the summer season. The simulations took place in the summer period (21/December - 21/March = 91 days) because it is the hottest in the region, as defined by the brazilian standard NBR 15575-1 (Association..., 2013a), and for 24 hours of the day.

2.3 Comparison of frequencies (FDT) in relation to the energy consumption for cooling

For the analysis of the results from the simulations it was used the Thermal Discomfort Frequency (FDT), which is equivalent to the percentage of time, full time, in which the operating temperature is above the maximum of the comfort temperature established by the ASHRAE 55 (American..., 2004). This index is mentioned in the European Standard EN 15251 (European..., 2007) based on the adaptive comfort concept and also the Quality Technical Regulation (RTQ – Regulamento Técnico de Qualidade) (Brazil, 2012), and the POC (percentage of comfort hours) index with similar concept.

This indicator quantifies the hours of discomfort in the unit of percentage for a certain time interval, and the maximum value, refers to the maximum time limit. In this research, the proposal was to analyze daily periods, (24 hours) corresponding to the maximum discomfort frequency of 100%. Thus, by dividing the maximum frequency of 100 % for 24 hours, we have the equivalent of 4.16% of thermal discomfort for each hour of the day.

When natural ventilation is not sufficient to maintain the temperatures on the limit or below the comfort temperature limit defined by ASHRAE55 (American..., 2004), it was used a mechanical refrigeration. In order to reach the comfort conditions, the equipment was selected with energy efficiency criteria of the National Institute of Metrology, Quality and Technology (INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia) (Instituto..., 2016), having the

stamp “A”- best possible - of the National Program for Energy Conservation (Procel – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica) (Programa, 2015). The selected model was a Consul CCY12D, of window, 12000 BTUs, Cold.

For the quantitative definition of kWh it was considered the sum of the FDT (Σ %) over the 91 days simulated. This value was converted in hours (divide by 4.16%), resulting in the number of discomfort hours that required the use of mechanical refrigeration. To define the number of kWh consumed in this period, it was used the power consumed by the device, according to manufacturer's data, which is 1,125 kWh (Consul, 2016). This value multiplied by the number of hours of discomfort, considering the 91 days simulated, gave the required power consumption for the air conditioner to maintain the comfort temperature set by the ASHRAE 55.

3. RESULTS E DISCUSSIONS

The results follow presented in two parts: first, with the Thermal Discomfort Frequency (FDT) for each month of the summer and for each window model. The second, with graphics of the quantity of hours and kWh for each window model.

3.1 Thermal Discomfort Frequency (FDT) of the months and the window models

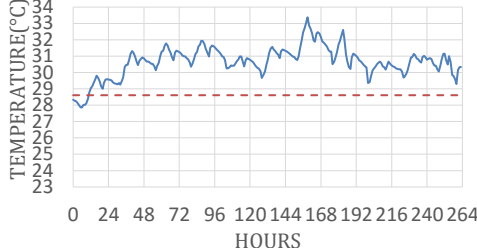
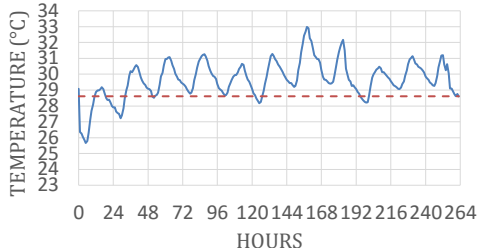
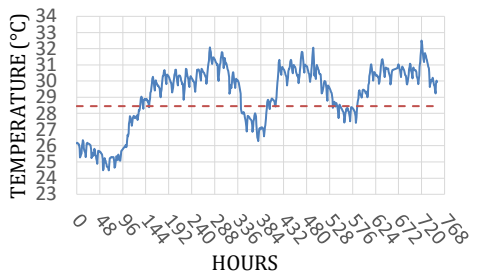
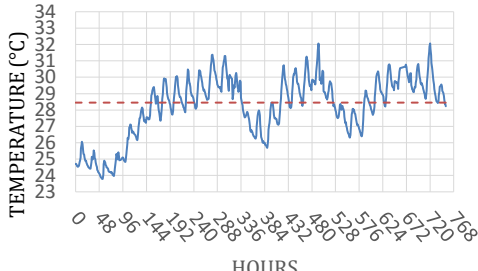
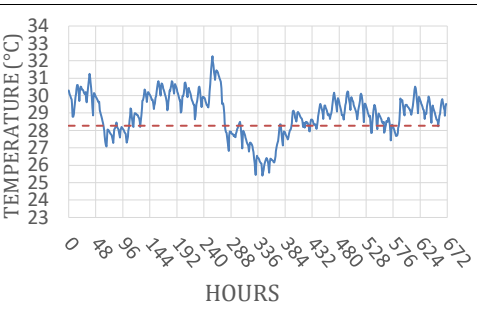
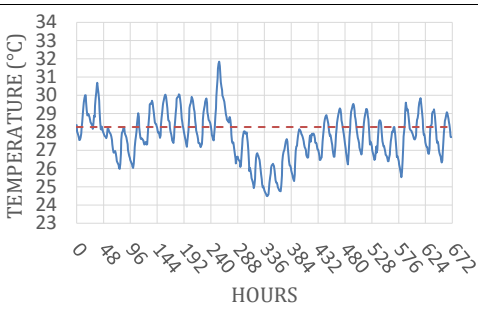
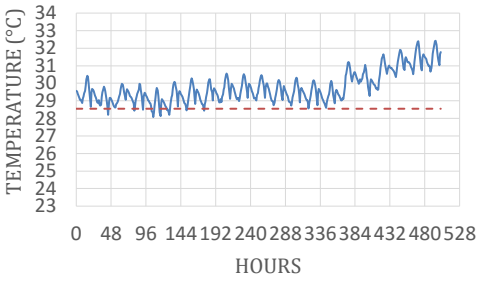
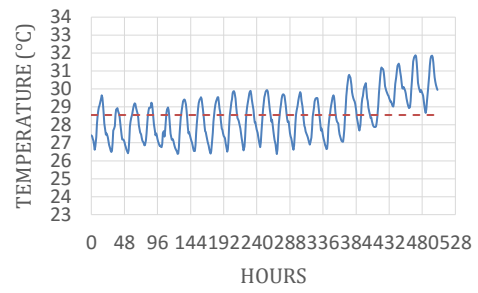
To obtain and compare the results it was used the temperature parameters established by the ASHRAE55 for each month of the summer (Table 2)

Table 2: Temperature parameters for the ASHRAE 55. Source: The authors, 2016.

Months	Monthly average temperature of outside air (°C)	Neutral temperature (°C) $T_n=0,31(T_e)+17,8$	Range comfort temperature (°C) ASHRAE 55 90% acceptability	ASHRAE Comfort temperature °C
December	26,86	26,12	23,61 – 28,61	28,61
January	26,35	25,96	23,45 – 28,45	28,45
February	25,76	25,78	23,27 – 28,27	28,27
March	26,65	26,06	23,55 – 28,55	28,55

With the simulation results (Table 3) it was compared the FDT for each model over the summer months. The results of the model M2 showed a significant decrease in discomfort hours, 631.02 hours less of discomfort when compared to M1. This difference occurred because the shutters used in the M2 model allowed the glazed and the opened areas to be shaded. As well as the constant ventilation, provided by the model.

Table 3 – Thermal Discomfort Frequency in the summer months. Source: The authors, 2016.

	M1	M2
21 - 31/ DECEMBER		
01 - 31/ JANUARY		
01 - 28/ FEBRUARY		
01 - 21/ MARCH		

— Operating Temperature (°C) - - - ASHRAE Comfort Temp. (°C).

All months showed improvements in the results using the M2 model (Figure 1). In December, referring to 11 days evaluated, there was a decrease of 31 hours of discomfort. In January, the results showed a lower percentage of hours in discomfort when compared to other months, with 99.16 hours. The month of February gave the best results for the 28 days simulated, and there was a reduction in the thermal discomfort of 264.42 hours. During the month of March, 21 days were simulated, and the results were also significant, resulting in 236.17 hours less of thermal discomfort when compared to the M1 model.

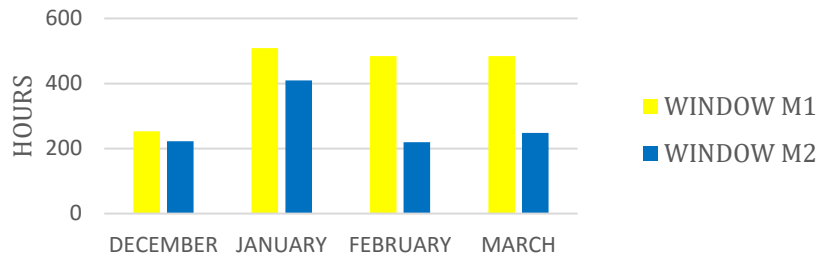


Figure 1 – Discomfort hours for each month of the summer. Source: The authors, 2016.

3.2 Energy consumption in relation to hours of discomfort

The results of the Thermal Discomfort Frequency (FDT) allowed to quantify the kWh required to reach the set comfort temperature (Figure 2). The M1 model had a total of 1731.34 hours in thermal discomfort during the summer period, which resulted in a consumption of 1947.76 kWh to maintain the comfort temperature defined by ASHRAE 55. The model M2 had a total of 1100.32 hours in thermal discomfort, resulting in a consumption of 1237.86 kWh of energy with the use of the air conditioner.

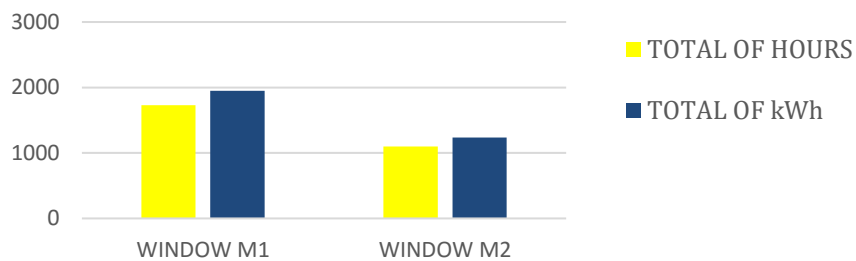


Figure 2 – Energy consumption for the hours of discomfort. Source: The authors, 2016.

The improvement provided by the model M2 represented 631.02 hours less in thermal discomfort over the summer months, which resulted in 36.44% of energy savings only for the four simulated months. The results obtained reaffirm the necessity of the windows to be shaded and mainly with a constant ventilation, essential factors for reducing the amount of energy required to cool the simulated environment.

4. CONCLUSIONS

The use of natural ventilation is one of the factors that most influence the energy performance in buildings, when the conditions for the use of the same are favorable and described as guidelines in the regulations. It was observed that the proper use of opening elements is critical to the influence of ventilation in the building performance. Even though the temperature parameters defined by ASHRAE have controversies regarding its use for tropical climates, they are still the parameters that record the most consistent results with reality. The adoption of adaptive actions by the user are attitudes that improve the thermal sensations, resulting in the acceptance of higher comfort temperatures.

The results of the Thermal Discomfort Frequency defined for each window type was crucial to ensure the efficient use of the windows, becoming decisive to the improvement of the internal conditions. The M2 model showed less need for air conditioning use, as a way of

achieving the conditions for thermal comfort, recorded by the quantitative of KWh. From the results obtained, it can be said that the most common window in multifamily residential buildings is not adequate and demonstrates poor performance for thermal comfort, indicating environments with the need for mechanical cooling use and thus increasing the energy consumption. The guidelines described in the performance standards recorded the need for the use of ventilation and openings that allow its influence on the environment, which mainly aims at reducing energy consumption.

THANKS

This research was supported by the Federal University of Espírito Santo (UFES – Universidade Federal do Espírito Santo) and the Foundation for Research of the Espírito Santo (FAPES - Fundação de Amparo à pesquisa do Espírito Santo).

REFERENCES

- American society of heating, refrigerating and air conditioning engineers 55. ASHRAE 55 - *Thermal Environmental Conditions for human Occupancy*. Atlanta, 2004.
- Associação brasileira de normas técnicas. NBR 15220-3: *Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social*. Rio de Janeiro, 2005.
- Associação brasileira de normas técnicas. NBR 15575-1: *edifícios habitacionais: parte 1: requisitos gerais*. Rio de Janeiro, 2013a.
- Associação brasileira de normas técnicas. NBR 15575-4: *edificações habitacionais: parte 4: requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas*. Rio de Janeiro, 2013b.
- Balanço Energético Nacional, 2015. Acesso em 18 abr. 2016.
- CONSUL. Disponível em: < <http://www.consul.com.br/produto/ar-condicionado-janela-12-000-btu-eletronico/#especificacoes> >. Acesso em 15 fev. 2016.
- Design Builder Software Ltda. Version 3.0.0.105. 2012.
- Eletróbrás. Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso, ano base 2005: *Classe Residencial Relatório Sudeste*. Rio de Janeiro: ELETROBRAS; PROCEL, 2007. 181 p.
- Faggianelli G. A.; Brun, A.; Wurtz, E.; Muselli, M. Natural cross ventilation in buildings on Mediterranean coastal zones. *Energy and Buildings*, v. 77, p. 206–218, 2014.
- Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - INMETRO, 2016. Acesso em 29 fev. 2016.
- Kim, T. J.; Park, J. S. Natural ventilation with traditional Korean opening in contemporary house. *Building and Environment*, v. 45, p. 51–57, 2010.
- Laboratório de Eficiência Energética em Edificações – LABEEE, 2012. Arquivos climáticos em formato EPW. Acesso em: 2 set. 2012.
- Lamberts, R.; Dutra, L.; Pereira, F. O. R. *Eficiência energética na arquitetura*. PW: São Paulo, 2014.
- Ministério de Minas e Energia – MME, 2015. Plano Nacional de Eficiência Energética – *Premissas e Diretrizes Básicas*. Acesso em 10 mar. 2016.
- Nico-Rodrigues, E. A. *Influência da janela no desempenho térmico de ambientes ventilados naturalmente*. 2015. 202f. Tese – Univerdidad del Bio-Bio, Concepción. 2015.
- Pereira, C. D.; Ghisi, E. The influence of the envelope on the thermal performance of ventilated and occupied houses. *Energy and Buildings*, v. 43, p. 3391–3399, 2011.
- Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - PROCEL. Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética, 2015.
- Rupp R. F.; Vásquez G. N.; Lamberts R. A review of human thermal comfort in the built environment. *Energy and Buildings*, v. 105, p. 178-205, 2015.
- Rupp R. F.; Ghisi, E. Potencial de economia de energia elétrica em edificações comerciais híbridas localizadas em Florianópolis, SC. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 13, n. 1, p. 143-160, 2013.
- Sindicato da Indústria da Construção Civil do Espírito Santo – SINDUSCON-ES. Acesso em: 10 fev. 2016.

- Stavrakakis, P. L. Zervas, H. Sarimveis, N. C. Markatos. Optimization of window-openings design for thermal comfort in naturally ventilated buildings. *Applied Mathematical Modelling*, v. 36, 193–211. 2012.
- United Nations. *World Urbanization Prospects*, 2014. Acesso em 15 abr. 2016.
- Yao, R.; Liu, J.; Li, B. Occupants' adaptive responses and perception of thermal environment in naturally conditioned university classrooms. *Appl Energy*, v. 87(3), p. 1015- 1020, 2010.
- Yin, W.; Zhang, G.; Yang, W.; Wang, X. Natural ventilation potential model considering solution multiplicity, window opening percentage, air velocity and humidity in China. *Building and Environment*, v.45, p. 338–344, 2010.



Electronic waste as coating for construction industry

Vanessa Koeler Gozzer

Federal Institute of Science and Technology of Espírito Santo, Architecture Department, Colatina (ES), Brazil

vkoeler@gmail.com

Giusilene Costa de Souza Pinho

Federal Institute of Science and Technology of Espírito Santo, Architecture Department, Colatina (ES), Brazil

giusilene.pinho@ifes.edu.br

Guilherme Pires Dalmaschio

Federal Institute of Science and Technology of Espírito Santo, Administration Department, Colatina (ES), Brazil

guilherme.pires@ifes.edu.br

ABSTRACT: Electronic waste is a growing problem, as the production increases, also the waste grows. The e-waste is composed of hazardous materials and metals, as copper, iron, gold, aluminum, lead and others. A component that is massively present on electronic waste is the Printed Circuit Board (PCB), which is fundamental for any electronic device. Despite the danger that electronic waste brings with it, there is a large possibility of recycling, which could solve the problem of discard and creates a new raw material for another industry. Civil construction is an area that can incorporate several materials of another branch of industry, because of its multidisciplinary. Knowing that PCB are present in large scale at the e-waste, this study has the main objective of evaluating the feasibility of use of printed circuit boards as raw material for coating in construction, which is a market that already uses coatings in board form, so, creating a product that uses recycled raw material and has a green design, can increase the market of coating and attract the public. As the main method for this study, as well as bibliographic research, it uses the dismantling of printed circuit boards and evaluation of materials associated with the board for its performance as a coating material in construction. At this stage, different recycled polymers are analyzed as a possibility for incorporation into the product. This material has the market needs, in association with recycling and innovating design, which is an alternative for e-waste, as well for construction industry.

Keywords *e-waste, recycling, coating, printed circuit board, sustainability*

1. INTRODUCTION

The industrial activity ally with the lack of efficient waste management processes causes a discard without a proper use or disposition of these materials, which components are often harmful for the human and animal health, as well as can contaminate the ground, water courses and the water tables. (RIBEIRO & MORELLI, 2009)

This situation accurately applies to the technology industry, according to the exchange of electronic devices becomes frequent due to the modernization of techniques and science progress, the gadgets becomes obsolete more quickly, leading to an premature disposal, while the development of technologies and logistics do not follow this process for the proper handling of the e-waste (electronic waste).

According to Pereira et al. (2012), the competition between companies creates customizable products, heading the market to attend the specific needs of the costumer and modifying consume patterns. Thereafter, the companies see the need of adapting, which the main objective is the evolution of a productive chain and market innovation.

Thus the consumer trends and production, to innovate in the technology field and creates benefits to all kinds of knowledge areas, evokes the electronic waste generation, which, in turn, causes environment degradation.

Therefore, the waste in discussion becomes a responsibility not only of the area scholars, but of the society. That is, further than proper disposal, we have to create better ways for the e-waste to become a part of the new productive cycles.

Glufke (2008) defends that design can contribute not only for the cost-cutting, but also for the environmental damage reduction and for the creation of a sustainable environment by all aspects, and to achieve that, we must associate design to other knowledge areas.

In this way, this study has the main objective to use printed circuit boards (PCB), component present on the electronic waste, as raw material for coating in civil construction. For a better use of the boards, it was decided for the cut on a commercial pattern of tiles (ceramic, glass, etc.)

Printed circuit boards comes in a way that makes easy it use as coating, since there is various materials in board form in civil construction, as coating tiles for floor or wall. Besides, PCB exists in many colors and different hues, adding value to the design of the final product.

2. ELECTRONIC WASTE

2.1. Waste: General features

The waste of electro-electronic equipment is defined in different manners, so that there is not a standard definition. For Widmer et al. (2005), e-waste (electronic waste) is a term that encompasses distinct groups of electronic devices, as they no longer have value and/or useful to the consumer.

A similar definition is found on ABNT NBR 16156:2013, in what refers to the waste of electro-electronics, defining it as pieces or parts that reach the end of its life cycle or its use were discontinued by the consumer.

Andrade (2002) points that there is a big diversity and quantity of metallic elements on electronic waste, which could make recycling difficult, beyond turning difficult also the proper final disposition, since metals represent a high level of contamination risk for whichever the environment that will receive it.

For Rodrigues (2007), the problem of the electronic waste of post consumption lies on the use of exhaustible natural resources and energy, totally lost when there is an early disposal of electronic devices, beyond the impact caused by toxic elements emission in practically all life cycle steps of these products.

According to Gonçalves et al. (2015), the collaboration between governments and private companies with research centers becomes fundamental to seek proper techniques of handling and management of e-waste, as well for access to information.

Yamane (2012) points out that the standard final destination given to the waste of electro-electronic equipment, landfill and incineration, is not the most appropriate for our reality, since that landfill can cause leaching of metals like cadmium, mercury and lead, which can contaminate soil and ground water. Already incineration releases toxic gases. Therefore, the recycling of this waste can contribute to natural resources maintenance and increases useful life of landfills.

Shinkuma & Huong (2009) say that the flow of e-waste on Asia has been cause serious problems, such as pollution and diseases, resulting of an inappropriate recycling of the waste. And defend that the waste generator must be responsible for it, until all its possibilities of reuse are exhausted. Shluep et al. (2009) points out that lack more improved Brazilian legislation regarding the recycling of e-waste.

Moreover, in Brazil, what is done with e-waste is the collecting, followed by dismantling and separation of the waste, then, printed circuit boards, where is the biggest concentration of value metals, are exported to countries that has recycling plants. Staying in Brazil only the waste that has lower value on market (YAMANE, 2012).

2.2. Printed circuit boards

Printed circuit boards (PCB) are essential parts for the operation of any electrical or electronic equipment thus are abundantly present in the same post-consumer waste. An ordinary circuit board is composed of epoxy resin, fiberglass and copper. The components connected to the card are usually made of metals such as aluminum, iron, gold, silver, among others. These components are integrated into the plate via a lead solder and tin. The presence of commercially valuable metals makes timely recycling of the PCB (Lee et al., 2004).

There are two types of circuit boards, the FR-2, which has a base in chipboard paper and phenolic resin, used in home appliances. The other type is the FR-4, which has laminated fiberglass, this is found on both sides, being used in the telecommunications, computer, industrial controls, etc. (ANDRADE, 2002)

Andrade (2002) by physical-chemical analysis e by the procedure suggested in ABNT NBR 10004:2004, classifies printed circuit boards as a I Class waste (harmful). His study indicates this material has great potential for contamination of the soil by heavy metals, if the waste is disposed in uncontrolled landfills.

Sant'ana et al. (2013) points that concentration of valuable metals in printed circuit boards of smartphones are higher than the concentration of itself in mineral form, so, besides the environmental justification for the proper disposal of this waste, there is the financial angle, because the e-waste is an excellent metal source.

For Andrade (2002) and Lee et al. (2004), printed circuit boards compose a convenient raw material, by presenting precious metals (gold and silver) in small amounts, but that can be reutilized. Besides that, the boards are composed, in its big part of copper, which increases the economical side of recycling the material.

Yamane (2012) showed that it is possible to perform recovery of materials processes and recycling of printed circuit boards without the need for incineration. What increases the production process, giving new possibilities for materials that would otherwise be discarded.

To enable the use as coating for civil construction, the board's peripherals must be detached, preserving the value of it to return in to its respective productive cycles. The board, after the removal of most components, is convenient for use in architectural coating market, since is a field that already uses materials in board form.

2.3. Sustainable design possibilities of use in civil construction

According to Ribeiro et al. (2014), the design can contribute to the improvement of services, products and methods, focusing on a more conscious consumption. On account of being a multidisciplinary field of study, the Design walks alongside the much desired sustainable development, which in turn, influences consumption patterns whose origin permeates thoughts, desires, needs, in short, is surrounded by psychological factors. This pattern contributes to a much larger system, in size and complexity, in the economy. The policies of both power and production, give rise to what we call consumption.

Design is a difference in industrialized products since Industrial Revolution, being the main element and mean of dialog with the consumer printed on the final product, which will attract the user's senses. (MINUZZI, 2001)

Glufke (2008), points that design contributes to environmental impact and costs reduction, creating sustainable development when allied with another study areas.

Therefore, we must develop methods for reduce in civil construction of waste from other productive processes or from post-consume. Knowing that coating market can incorporate a large diversity of materials, for the purpose of creating a sustainable design, approaches the user/consumer of this concept.

For that, is also necessary the understanding of the logistical chain of the product and of the post consume waste that is intends to apply in this new concept and study the necessary changes to successfully achieve a viable product of the technological point of view and also economical.

3. MATERIALS AND METHODS

For the proposition of this product, were analyzed the different types of printed circuit boards. To verify the variation in size of the plates due to the use, the device model and technological progress, it was decided for the court in standard size, in order to have a better use of them.



Figure 1 – Boards in different sizes. From left to right: processor, processor, RAM, RAM and video card.

Font: Elaborated by the authors, based on conducted research.

In the case of the boards design, there are also different hues of color shades, which can contribute for the aspect of the piece and attract the consumer with a differential not only by environmental issues, but also by its aesthetic characteristics.

For the definition of the cut for the boards, was taken as a reference a commercial pattern size used in glass and ceramic tiles. Bellow, an example of tiles in dimensions 2,5 x 2,5 cm.



Figure 2 –Recycled glass tile in dimensions 2,5x2,5cm.

Font: Elaborated by the authors, based on conducted research.

To disassemble, it was conducted training with the project team “RENOVATECH”, located in Colatina – ES, Brazil, which has the main objective the reconditioning of discarded desktops for donation to needy families in the region.

The dismantling has as objective the removal of metallic and plastic pieces attached to the board, which are part of the functioning of the system, but to stop working for their primary use, are discarded and composed by highly pollutant elements.

The printed circuit boards was dismantled with the help of simple tools like pliers, forceps and screwdriver and they were cut in mentioned dimensions with the help of a paper trimmer – 36 cm, Lassane brand.

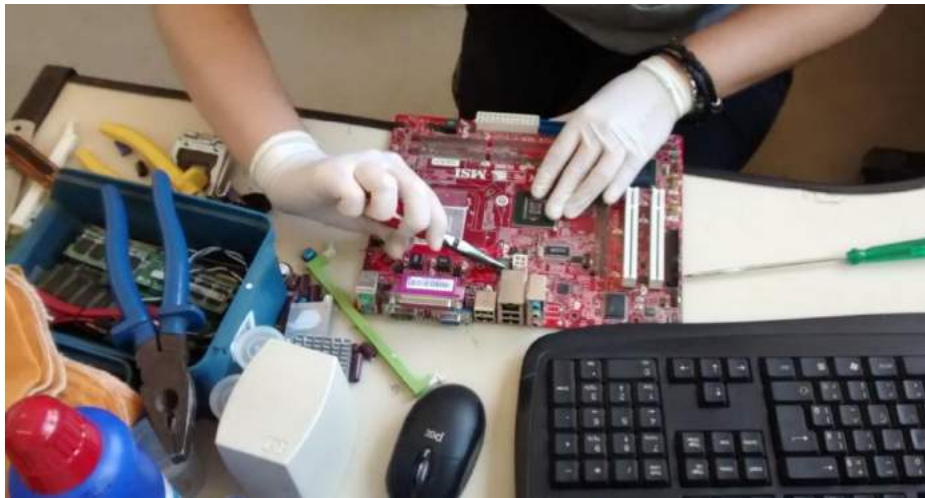


Figure 3 – Dismantling of a printed circuit board.

Font: Elaborated by the authors, based on conducted research.

The board pieces were organized so it can simulate the situation on a tile coating material. For the composition studies, was used the methodology of Ching (2013), taking up the principles of order: axis, symmetry, hierarchy and rhythm.

A coating plate, when applied to a surface is a plane.

A plane, in architecture, has the function of define the limits of a volume, being an art which includes almost exclusively the modeling of three-dimensional forms. So, the plane must be considered a fundamental element in the exercise of architecture (CHING, 2013).



Figure 4 – Printed circuit board cut and organized according to the composition by rhythm.

Font: Elaborated by the authors, based on conducted research.

After disassembling step of the electronic components and subsequent cutting of the PCI's into smaller pieces, they were subjected to a coating procedure with polymeric materials from recyclable packaging. Despite the variety of polymers used for the manufacture of such packaging, this work was based on coating with polyethylene terephthalate - PET found mainly in disposable bottles. Clear bottles were used to maintain the visual appearance of the plaque.

To accomplish the coating, a method were studied: the first occurred with the dip coating of parts in the molten PET in oven; while in the second the coating was performed out by means of a hydraulic press with heating, Model 4389, Carver, USA. After that, the plaque's polymeric coating was tested for the stability of the adhesive film.

The PET polymer was used for coating because this material is easily accessible and PET bottles are recyclable products, who's final destination is not efficient due to the amount that it is produced and discharged, increasing environmental contamination risk.

The PCB plaques have a very heterogeneous composition, which includes polymers, refractory oxides and several metals such as nickel, copper, iron and lead. (SAITO, 1994) and (HOFFMANN, 1992).

These metals in contact with the skin can cause allergic inflammation, becoming, therefore, necessary to coat the pieces with inert materials such as polymers.

After disassembling step of the electronic components and subsequent cutting of the PCB into smaller pieces, they were subjected to a coating procedure with polymeric materials from recyclable packaging. Despite the variety of polymers used for the manufacture of such packaging, this stage of the work was based on coating with polyethylene terephthalate - PET found mainly in disposable bottles. It was decided to use clear bottles to maintain the visual appearance of the plates.

A portion of colorless PET bottle has been removed to cover the PCB. Then the coating process was performed by compression with a hydraulic press heated, Carver, for 8 minutes at temperature of 230 °C and pressure of 10000 psi.

Polyethylene terephthalate - PET was chosen to coat the PCB because the bottles that contain this polymer are commonly discharged in the environment. By recycling this material, it is possible to decrease the value of the coating tiles and give a proper destination to the disposable bottles, reducing the risk of environmental contamination.

In addition, researches using recycled PET have been reported over the years and have shown that the mechanical and physicochemical properties are maintained in the tested analysis conditions. (CARASCHI, 2002), (CORDOBA, 2013) and (FREIRE, 1998).

Other recyclable polymeric materials will be tested and after the definition of the most appropriate to be associated to the board, the tests to attending the technical norms will be developed.

In relation with the final product, it must meet the criteria of ABNT NBR 13818:1997, which deals with test methods, ABNT NBR 13816:1997 and ABNT NBR 13817:1997, which treat on terminology and classification, respectively. Since the glass tiles and Polyethylene Terephthalate (PET) tiles also are tested in those parameters, the PCB tile covered in plastic polymer has to be valued by the same norms.

4. CONCLUSION AND DISCUSSION

Currently, observes a huge interest, such in the electronic waste as in insertion of different materials in civil construction, considering the scientific studies in these fields.

Also, it was also noted up a deficiency in coating materials research, especially with regard to the tiles of adherence issues.

For a coating material in these standard can be inserted in market, it is necessary the development of other studies of recyclable and translucent material, which can isolate the direct contact of the card to the user, making it inert and preserving the visual characteristics that refers to its origin. Besides that, it is also fundamental the valuation of the union material for the pieces as a unique board, just as in conventional tiles. In market, it is common that this union occurs by kraft paper on the exposed side of the tile or by nylon fabric on the back.

When assessing issues such as ease of dismantling and cutting of printed circuit boards and its position on e-waste, it is observed that they can become raw material for the coatings industry, considering that it is a segment that works extensively with materials in board form. The PCB is already shaped in board, facilitating its use as coating. Also, they can add value to architectural design, with their patterns of different colors and unique textures.

The developed material in this study aims to attend the needs of the market by associating recycling to an innovative design. So, it brings an alternative to the electronic waste by a new industry cycle in civil construction.

REFERENCES

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13816:1997 – *Placas cerâmicas para revestimento – Terminologia*.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13817:1997 – *Placas cerâmicas para revestimento – Classificação*.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13818:1997 – *Placas cerâmicas para revestimento – Especificação e métodos de ensaios*.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 16156:2013 - *Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos – Requisitos para atividade de manufatura reversa*.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10004:2004 – *Resíduos sólidos – Classificação*.
- Andrade, R. 2002. *Caracterização e Classificação de Placas de Circuito Impresso de Computadores como Resíduos Sólidos*. 120p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo.
- Caraschi, J.C., Ramos, U.M., Leão, A.L. 2002. *Avaliação das propriedades mecânicas dos plásticos reciclados provenientes de resíduos sólidos urbanos*. Acta Scientiarum, v. 24. n. 6, p. 1609-1614.
- Cordoba, L.A., Barrera, G.M., Díaz, C.B., Nuñez, F.U., Yañez, A. L. 2013. Effects on Mechanical Properties of Recycled PET in Cement-Based Composites. *International Journal of Polymer Science*. p. 1-6.
- Ching, Francis D.K. 2013. *Arquitetura: Forma, espaço e ordem*. 3ª Ed. 438 p. São Paulo: Martins Fontes. SP,
- Freire, M.T.A., Felix, G.R.R., Castle, L. 1998. *Estabilidade Térmica de Embalagens de Poli (Tereftalato de Etileno (PET): Determinação de Oligômeros*. *Polímeros*, v. 8. n. 1, p. 46 - 53. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-14281998000100007&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 25 jul. 2016.
- Glufke, R. M. 2008. *A percepção do especificador de revestimentos cerâmicos sobre o papel do design gráfico na indústria: O caso Portobello Shop*. Florianópolis.176f. Dissertação (Mestrado em Design e Expressão Gráfica) – Programa de Pós-graduação em Design e Expressão Gráfica - Universidade Federal de Santa Catarina.
- Gonçalves, S. G. E., Ferreira, K. C., Pereira, L. F. S., Macêdo, E. N., Souza, J. A. S., Oliveira, K. Bittencourt. 2015. Descarte de Placas de Circuitos Impressos de Computadores: uma problemática ambiental crescente. In: *Encontro de Profissionais da Química da Amazônia*, 14. p. 550 - 557. Belém. Disponível em: <<http://www.14epqa.com.br/areas-tematicas/meio-ambiente/82-P550-557-descarte-de-placas-de-circuitos-impressos.pdf>>. Acesso em: 26 abr. 2016.
- Hoffmann, J.E., 1992. Recovery of Precious Metals from Electronic Scrap”. *Journal of Metals*, v. 44, pp. 43 - 48.
- Lee, Ch et al. 2004. An overview of recycling and treatment of scrap computers. *Journal of Hazardous Materials*. V. 114, n. 1-3 , p. 93-100.
- Minuzzi, R. de F. B. 2001. *A formação do designer de superfície na UFSM X a atuação do designer em empresa cerâmica de SC no contexto da gestão do design*. Florianópolis .148 f. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia de Produção, UFSC
- Pereira, A. L.; Boechat, C. B.; Tadeu, H. F. B.; Campos, P. M. G. 2012. *Logística Reversa e Sustentabilidade*. São Paulo: Cengage.
- Renovatech, *Projeto de parceria entre órgãos públicos e associações*. Disponível em: <<http://www.colatina.es.gov.br/renovatech/>>. Acesso em: 15 jan. 2016.
- Ribeiro, D. V., Morelli, M. R. 2009. *Resíduos Sólidos: Problema ou Oportunidade?*. Rio de Janeiro: Interciência, 158p.
- Ribeiro, S. dos S., Caracas, L. B., Santos, D. M., Azevedo, P. S. 2014. Revestimento de parede com placas de circuito impresso de computadores e cerâmica: design e inovação. *11º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design*. Gramado. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/ped2014/trabalhos/trabalhos/601_arq2.pdf>. Acesso em: 14 maio 2016.
- Rodrigues, A. C. 2007. *Impactos Sócio-ambientais dos Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos: Estudo da Cadeia Pós-consumo no Brasil*. 303 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara D'Oeste.
- Sant’ana, H. B. da S. de, Moura, F. J., Veit, H. M. 2013. *Caracterização Físico-Química de Placas de Circuito Impresso de Aparelhos de Telefone Celular*. *Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração*, São Paulo, SP, v.10, n. 3, p.231– 238, jul.-set..

- Saito, I., 1994. Recovery of valuable metals from printed wiring board wastes. *National Institute Resources & Environment*, v. 18, p. 207-214.
- Shinkuma, T.; Houng, N.T.M. 2009. The flow of e-waste material in the Asian region and a reconsideration of international trade policies on e-waste. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 29, n. 1, p. 25-31.
- Schluep, M.; Hagelueken, C.; Kuerhr, R.; Magalini, F.; Maurer, C.; Meskers, C; Mueller, E.; Wang, F. 2009. Recycling – From E-waste to Resources. *United Nations Environment Program – UNEP & United Nations University*.
- Widmer, R., Oswald-Krapf, H., Sinha-Khetriwal, D., Schnellmann, M., Böni, H. 2005. Global Perspectives on E-waste, *Environmental Impact Assessment Review*, v. 25, n. 5, p. 436-458.
- Yamane, L. H. 2012. *Recuperação de metais de placas de circuito impresso de computadores obsoletos através de processo biohidrometalúrgico*. 2012. 128 f. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.São Paulo.



The housing in recycled container as an alternative to social housing: A comparative cost and productivity

Denise Aparecida de Souza

Federal Institute of Espírito Santo, Department of Architecture and Urbanism, Colatina (ES), Brazil
souzadenise@outlook.com

Giusilene Costa de Souza Pinho

Federal Institute of Espírito Santo, Department of Architecture and Urbanism, Colatina (ES), Brazil
giusilene.pinho@ifes.edu.br

ABSTRACT: In Brazil, social housing are generally built with traditional building techniques, which abdicates the technologies available in the market. Industrialized systems enable productivity gains, lean construction and optimization of the construction site. In this context, the Container System is presented as sustainable, recyclable and rapid delivery, favoring even service in disaster situations. This study aims to study housing in recycled container as a possibility for social housing, assessing the competitive potential cost and productivity of this system compared to PVC Concrete System. This research is classified as descriptive and exploratory, included in its methodology the following: literature review; identification of industrialized building systems deployed in the State of Espírito Santo; survey to municipalities and construction companies responsible for innovative systems; system selection to be compared to the Container System as incidence and geographical proximity; characterization of recycled container and PVC Concrete System; analysis of the feasibility and basic project housing development in containers; cost comparison later and productivity between systems previously characterized. The study Container System seeks to identify positive applicability in social housing, highlighting technical and cost advantages. The possible development of this system will bring an important advance in building techniques used and will contribute to the recycling of obsolete discards the current nautical market.

Keywords *housing in container, industrialized construction, social housing, cost and productivity.*

1. INTRODUCTION

Since the construction is the human activity greater impact on the environment, sustainability is essential in the development of same. There are several practical projective proposals to a sustainably correct construction, however, the use of raw materials that contributes to the eco-efficiency of the process is also essential (Motta & Aguilar 2009).

Within this context, the construction of social housing should encourage the adoption of best construction practices and adequate to the peculiarities of each region also contributing to improving the sustainability of the built environment.

As the real estate incentive scenario proposed by Brazilian financial Institution, Caixa Econômica Federal (CEF), in the 70s, the Brazilian government encouraged the installation of industrial construction processes, aimed at addressing the housing problem through the mass production of housing, single and multi-family (Mello 2004). However, in the 80s, there was the extinction of the installed housing programs (Financial System of Housing and National Housing Bank) due to the crisis in the housing system, returning to the traditional construction system (Mello 2004).

Again, from a Federal Government initiative, started in 2009, the Minha Casa, Minha Vida - Residential Lease Fund Resources, in order to reduce the housing deficit through grant funding and/ or social housing (Caixa 2016).

This study aims to add the housing system in containers to other industrial systems approved by the CEF. They propose the use of discarded containers due to lower cost achieved, since returning them empty the countries of origin is more costly than producing new containers (Uittenbroek & Macht 2009). In addition, containers were to deviate from the waste generation works because they are modular elements, creating an effective and no corrective solution, the debris generated in conventional construction processes (Mattosinho & Pionório 2009).

In the State of Espírito Santo, spatial area made for this study are currently being deployed three innovative construction systems: PVC Concrete System, Integrated System in Steel Structure and Mobile Steel System. The cities which are implementing are Cachoeiro de Itapemirim, Linhares and Colatina.

Therefore, the objective is to study the feasibility of housing in recycled containers for social housing, proposing an alternative sustainable construction and fast delivery, as well as assess their competitive potential cost and productivity in relation to PVC Concrete System. That said projects under these systems and same spatial distribution were evaluated for cost per square meter and productivity in man/ hour for each wall type.

2. METHODOLOGY AND STRATEGIES

Assuming an analysis developed under descriptive and exploratory nature, this study developed grounded in relevant literatures, also gathering information collected in technical visits with public and construction agencies. Through these, there was recognition of the housing deficit in the Espírito Santo, and was compiled information on

industrialized building techniques implemented in this State. All systems studied were approved by CEF for social housing purposes.

Diagnose the implemented technologies were carried out on-site visits. After identifying the embedded industrial systems, it was elected the PVC Concrete System by incidence and geographical proximity of IFES Campus Colatina. Since the proposal in containers for social housing in the State it is innovative, it has developed a basic design of housing unit following the same parameters of other systems, which includes areas of compartments as required by the City of Colatina for social housing.

Later, through market research, from construction companies, manufacturers and marketing of components places settled between the Container System and PVC Concrete System, a comparative cost and productivity, both regarding the execution of walls, which is a large impact item on the total cost of construction.

3. DEFICIT OF HOUSING IN THE ESPÍRITO SANTO

The sum of urban and rural needs of the Espírito Santo (Fig. 1), Brazilian State located in the Southeastern Region, totalizes 66,586 units. In Table 1, are arranged the Regions concerning percentages where industrialized building systems have been implemented and their respective municipalities (Pehab 2030 2013).

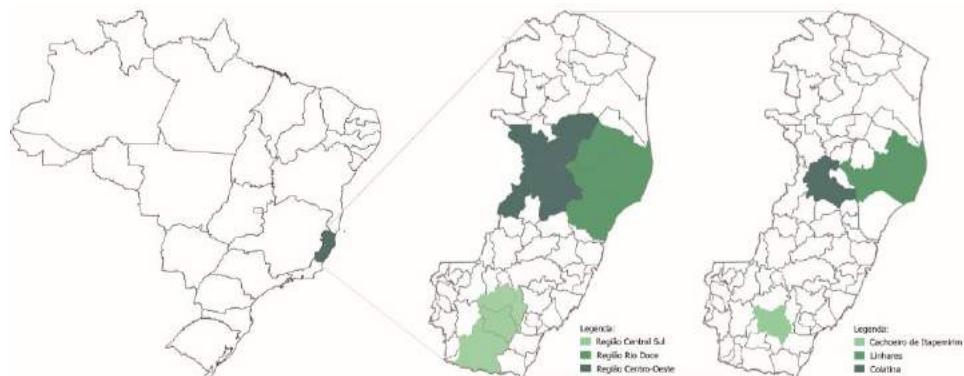


Figure 1. Location of the Espírito Santo and the South Central Region (Cachoeiro de Itapemirim), Rio Doce Region (Linhares) and Midwest Region (Colatina). Source: Brazilian Institute of Geography and Statistics, 2016. Jones dos Santos Neves Institute, 2016.

Table 1 - Housing deficit of the Regions whose municipalities have implemented industrialized systems

City	Industrialized System (Company)	Region	Housing deficit
Cachoeiro de Itapemirim	Integrated System in Steel Structure (Usiminas)	South Central	7,3%
Linhares	PVC Concrete System (Royal)	Rio Doce	10,7%
Colatina	PVC Concrete System (Royal) e Mobile Steel System (Fischer)	Midwest	6,8%




Source: Pehab 2030, 2013.

4. SOCIAL HOUSING ON TECHNICAL INDUSTRIALIZED BUILT

Industrialized building systems implemented in the State of Espírito Santo are listed in Table 2. As the same, it shall see the insertion of PVC Concrete System in two

municipalities, which is therefore the system designed for cost analysis and productivity as opposed to housing system in containers.

Table 2 - Industrialized building systems in the Espírito Santo

City	Industrial system
a) Cachoeiro de Itapemirim	 <p data-bbox="667 629 1326 685">Integrated System in Steel Structure (Usiminas). Source: Santos, 2014. Pontini, 2016</p>
b) Linhares	 <p data-bbox="842 931 1150 960">PVC Concrete System (Royal)</p>
c) Colatina	 <p data-bbox="743 1227 1249 1256">PVC Concrete System (Royal). Source: Arpa, 2014</p> <p data-bbox="842 1778 1150 1807">Mobile Steel System (Fischer)</p>

4.1 PVC Concrete System

Currently in Colatina City there are 1,790 social housing units fractioned into six housing. There is the occurrence of conventional buildings in the first five sets, proposed and built with masonry and hand traditional work (Fortes et al., 2014).

The sixth set (Table 2c), however, has proposed a constructive industrialized modular PVC profiles filled with concrete. Located in the neighborhood Vicente Soella, the Allotment Nilson Soella III is under construction and will provide 433 housing units.

In Linhares, Municipality which is also deploying PVC Concrete System for social housing, are being built 253 residential units. Located in neighbourhood Santa Cruz, the Allotment is called Conjunto Residencial Jocafe (Table 2b).

Originating in Canada, PVC Concrete System is designed to meet the post disaster deficiencies (floods, storms) quickly. Basically it consists of hollow panels PVC with internal reinforcements embedded vertically between them (tongue and groove) and subsequently filled with lighter fluid concrete (Schmidt 2013).

The hollow interior of the walls of this system facilitates the insertion of armor and necessary piping (hydraulic, electric). Subsequent concreting (only fine aggregates), aims to increase the rigidity of the assembly and enable the mechanical strength by the structure; coatings are the criteria (Schmidt 2013).

According to Royal's Brazil PVC Profiles Industry Ltd., a provider of system Municipalities of Colatina and Linhares, the thickness of 64mm panels filled with structural concrete do not require independent structures such as beams and columns, supporting up to three floors with any kind of slabs. Generally, it uses the foundation radier type (Royal 2016).

It is noteworthy that, according to Schmidt (2013), because it is an industrialized system, the number of activities carried out on site is reduced. For example, building kits arrive cut the work in their final dimensions, ready to be assembled without the need of large inventories. The housing consists of living room, kitchen, bathroom and two bedrooms arranged in about 38 m².

4.2 Container System

The containers are large metal boxes moved on trains or ships in order to behave and conditioning loads, and without maintenance, life for such a need for about 10 years (Milaneze et al., 2012). Idealizing housing using metal modules, Milaneze et al. (2012, p. 618) states that they "reflect a change in company behavior as play a practical role in the lives of individuals, either because of mobility, the price or the constant natural disasters."

Seeking an environmentally friendly, affordable and sustainably productive project, the housing system containers assembles to other industrial systems. As such, this system will assist in agility and completion of the building, will contribute to lower production of waste works and makes use of a well-disposed after completing its life as a freight container, minimizing the continuous piles of containers in cities port (Milaneze et al., 2012).

The modules are produced with physical and geometric properties to be stacked safely during commercial trajectories. Even with this purpose, the modules have an appropriate human scale, with a few modifications can be reached minimum living conditions (Garrido 2011). Thus, for example, it would be feasible to manufacture and stock containers, even if modified for residential use.

In the marine market, as is defined by Delta Containers (2016), there are two types of dominantly used containers: Dry Container and Reefer Container, both with predefined dimensions, as Tables 3 and 4.

Table 3. Reefer Container Sizing

Refer Container	Internal dimensions			Area
	Length	Width	Height	
20' Standart	5,456 mm	2,294 mm	2,273 mm	12,52 m ²
40' Standart	11,590 mm	2,294 mm	2,273 mm	26,59 m ²
40' High Cube	11,590 mm	2,294 mm	2,545 mm	26,59 m ²

Source: Delta, 2016

Table 4. Dry Container Sizing

Dry Container	Internal dimensions			Area
	Length	Width	Height	
20' Standart	5,898 mm	2,352 mm	2,393 mm	13,87 m ²
20' High Cube	5,898 mm	2,287 mm	2,698 mm	13,87 m ²
40' Standart	12,032 mm	2,352 mm	2,393 mm	28,30 m ²
40' High Cube	12,032 mm	2,352 mm	2,698 mm	28,30 m ²

Source: Delta, 2016. ECB, 2016

Model High Cube, whether Reefer or Dry is the best suited for residential purposes, as your right foot is the largest category, with only him over 2.50 meters, minimum ceilings established by NBR 15575: Standard performance (Tello & Ribeiro 2012).

As proposed by Aguirre et al. (2010), a social project in container shows adequate for the purpose of minimizing the housing deficit. For the development of an implementation proposal of this system in Colatina, followed by the current Code of Municipal Works. We used a Dry Container 20' for wet areas due to the municipal legislation accept a lower ceiling height to them. The other compartments are arranged in a Dry 40' High Cube module (Colatina 1996). The building totals approximately 42 m² of floor area.

5. COMPARISON OF CONSTRUCTIVE SYSTEMS INDUSTRIALIZED

The housing construction sector in Brazil resists on opt for industrialized techniques, however, the benefits of streamlined buildings have been highlighted, alongside the growth of the current needs of social housing production (Tab. 5).

Table 5. Comparative broken down between systems

Discrimination	Building systems	
	PVC Concrete System	Container System
Housing types surveyed	Ground floor	Ground floor
Possibility of multi-family building	Yes	Yes
Area family unit	38.0m ²	41.56m ²
Foundation type Radier	Yes	Yes
Independent structures (beams and pillars)	No	No
Coverage Need	Yes	No
Modulation	Constructive kit	Module
Packing	PVC	Corten steel
Internal coating	No	PVC, OSB or plasterboard
External coating	No	Painting
Lean construction	Yes	Yes
Skilled labor	Yes	Yes

The distribution of projects of housing units under analysis (Fig. 2), PVC Concrete System and Container System, intentionally follow the same spatial logic. Both were governed as floor area demanded by the CEF in conciliation with the requirements of the City of Colatina for housing social.

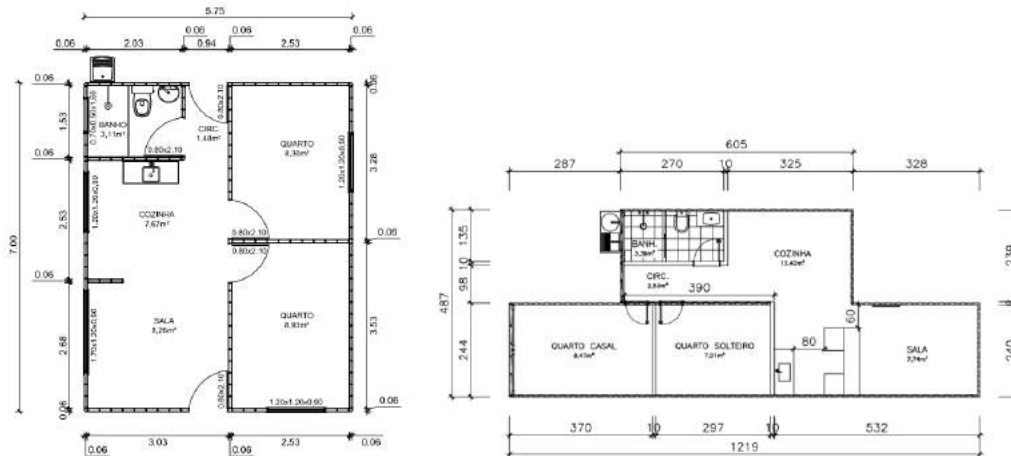


Figure 2. Project constructive kit PVC Concrete System and housing unit in Container System. Source: Arpa, 2014.

5.1 Productivity

As Tables 6 and 7, respectively, are exposed productivity PVC Concrete System and Container System, using the man-hour of the execution stage of the walls, for these are important in the total cost of construction. In them are listed the basic procedures, based on research conducted in State works.

Table 6. PVC Concrete System Productivity

Description	Man-hour/ m ²
Mount hollow wall	0.18
Anchor and put hardware	0.50
Concrete walls	0.25
Cleaning the walls and finishes	0.40
Total man-hour/ m ²	1.33

Source: Domarascki & Fagiani, 2009

Table 7. Container System Productivity

Description	Man-hour/ m ²
Mount the steel structure	0.25
Entering Isosoft Flex in walls	0.06
Closing with plasterboard board	0.29
Paints and finishes	1.55
Total man-hour/ m ²	2.15

Source: Gypsum, 2016. TCPO14, 2012

5.2 Cost

For comparison, this search considers only the closing stages of the coating structure and construction systems, without inserting electrical and hydraulic systems since they are inserted in both systems. Tables 8 and 9 discriminate against the cost of industrial systems analyzed to 1m², adding the values of Social Laws, Benefits and Indirect Costs (BDI) usually applied in the study area.

Table 8. Composition of the cost per square meter structure and sealing PVC Concrete System

Description	Unit	Consumption	Unit Price (R\$)	Total Price (R\$)
Thickness 64mm PVC pannel	m ²	1.00	84.71	84.71
Dosed concrete and released fck = 20 MPa	m ³	0.08	279.00	22.32
Steel bar CA 50 Ø10mm	kg	1.50	2.94	4.41
Slatted peroba 5x1.2 cm	m	1.00	3.00	3.00
Nail 18.27"	kg	0.001	8.80	0.01
Total workforce	h	1.33	8.45	11.23
Social laws	127.95%			14.36
Total				140.05
BDI	30%			42.01
Adopted Unit Price (R\$)				182.06

Source: Domarascki & Fagiani, 2009. Sinduscon ES, 2016

Table 9. Composition of the cost per square meter of the Container System structure and sealing

Description	Unit	Consumption	Unit Price (R\$)	Total Price (R\$)
Structure/ metal seal Container Dry 20 '	m ²	1.00	84.45	84.45
Plasterboard plate	m ²	1.03	20.00	1.54
Isosoft wool Tile Flex IA 75 1.2x25m	m ²	1.05	0.30	0.31
Guide 70 mm	m	0.70	2.82	1.97
Amount 70 mm	m	2.30	2.93	6.73
Screw LA 9.5mm	un	2.00	0.05	0.10
Screw TA 25 mm	un	12.00	0.02	0.24
Grouting mass	kg	0.43	2.22	0.95
Paste	Kg	0.05	5.00	0.25
Latex paint	L	0.17	8.78	1.49
Net preparer	L	0.12	9.29	1.11
Enamel paint for metals	L	0.16	12.00	1.92
Red lead	L	0.12	6.60	0.79
Aguarraz	L	0.03	16.20	0.49
Sandpaper	un	0.50	1.00	0.50
Total workforce	h	2.15	5.55	11.93
Total				114.77
Social laws	127.95%			15.26
Total				130.03
BDI	30%			39.00
Adopted Unit Price (R\$)				169.03

Source: Gypsum, 2016. Sinduscon ES, 2016. TCPO14, 2012

5.3 Comparative assessment between systems

As shown in Table 5, the Container System has characteristics very similar to the PVC Concrete System adopted in the Espírito Santo. As Table 6, there was the largest man-hour productivity per square meter for PVC Concrete System, since the walls are built and completed simultaneously. However, the cost of one square meter of the Container System totaled a lower value in Table 9, indicating this system a viable option for social housing. Still, it sums up the benefits of this, cutting spending on coverage, since the module already has simply cover it as the walls.

Although the PVC Concrete System have higher productivity in the execution of the walls, it is believed that all were considered the existence of coverage container modules

considerably increase the total productivity of execution, favoring the system's competitiveness.

6. CONCLUSION

The fact that industrial systems be approved by the CEF as social housing alternatives, exemplifies the reopening of the building to non-traditional techniques, which enables the search for innovative processes.

Thus, the Container System has the potential to contribute to reducing the housing deficit in the Espírito Santo, bringing quality housing, rationality, speed of execution, easy expandability of these villas and the possibility of storing them in the long run, as needed. Compared to other systems presented in this research, this system brings a site management more streamlined works, with good final results in terms of cost.

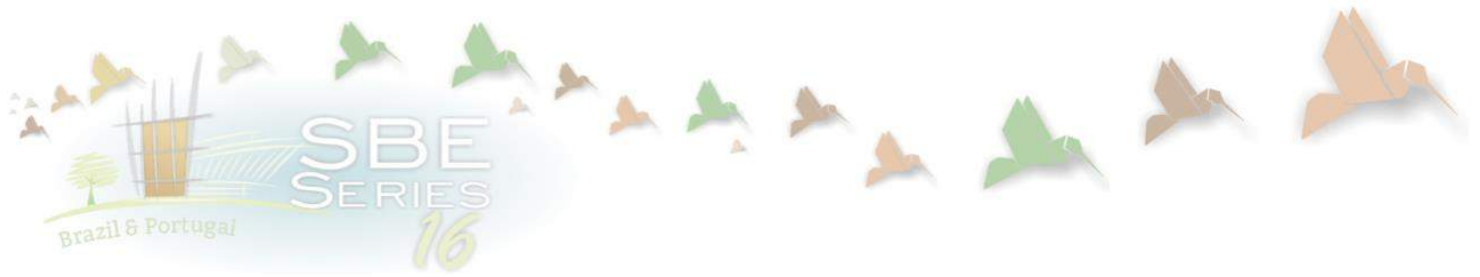
Within this context, we emphasize that the Container System enables ecological sustainable development with values within the market reality. Thus, key items the housing needs would be taken care combined with responsibility for the environment, as they opt for housing in containers helps in reducing the consumption of natural resources and raw materials.

However, there are still no standards or drafts of Brazilian guidelines governing the Container System. The possible approval by the CEF, which is subject to publication of constructive guidelines of this system will bring a major breakthrough in the techniques used and will contribute to the recycling of disposal of the nautical market.

REFERENCES

- Aguirre, L.D.M. et al. 2010. *Habitando o container* – Proposta de uso de container reciclado para Habitação de Interesse Social Bioclimática para a cidade de Pelotas. In: Congresso Internacional Sustentabilidade e Habitação de Interesse Social, 2010, Porto Alegre. *ANAIS - Congresso Internacional Sustentabilidade e Habitação de Interesse Social. Porto Alegre*: EDIPUCRS. 150-150 p.
- Arpa Construtora. 2014. Projeto Loteamento Nilson Soella 3. Available at: <http://www.construtoraarpa.com.br/mostra_projetos/38/loteamento-nilson-soella-3-maio-2014> [Accessed 7 April 2016].
- Caixa Econômica Federal. Minha Casa Minha Vida. 2016. Available at: <http://www1.caixa.gov.br/gov/gov_social/municipal/programas_habitacao/entidades/entidades.asp> [Accessed 23 January 2016].
- Colatina (Município). Lei nº 4.226, 12 February 1996. Código de obras. Dispõe sobre o código de obras do Município de Colatina Estado do Espírito Santo. Available at: <http://www.colatina.es.gov.br/legislacao/Codigo_obras.pdf> [Accessed 25 May 2016].
- Delta Containers. 2016. Available at: <<http://deltacontainers.com.br/>> [Accessed 16 January 2016].
- Domarascki, C.S. & Fagiani, L.S. 2009. *Estudo Comparativo dos Sistemas Construtivos: Steel Frame, Concreto PVC e Sistema Convencional*. 75 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos, Barretos.
- ECB Group. 2016. Available at: <<http://www.ecbgroup.com/20ft-High-Cube-Shipping-Container/20-ft/Containers/Products-and-Services/Product/content/9/22>> [Accessed 29 May 2016].
- Fortes, B.C.S. et al. 2014. *Análise perceptiva da qualidade ambiental em habitação de interesse social na cidade de Colatina - ES: Avaliação pós-ocupação*. In: Fórum Habitar 2014 - Habitação e desenvolvimento sustentável, 2014, Belo Horizonte. Anais do Habitar 2014.
- Garrido, L. 9 September 2011. Sustainable architecture containers. Available at: <<http://www.architecturelist.com/2011/09/09/sustainable-architecture-containers-by-luis-de-garrido/>>. Architecture List. [Accessed 28 September 2016].

- Gypsum Drywall. 2016. Available at: <<http://www.gypsum.com.br/web/pt/distribuidores/calculo-materiais.htm>> [Accessed 29 May 2016].
- Mattosinho, C. & Pionório, P. May 20th - 22nd - 2009. Aplicação da produção mais limpa na construção civil: uma proposta de minimização de resíduos na fonte. International Workshop Advances in Cleaner production key elements for a sustainable World: energy, water and climate change. São Paulo.
- Mello, C.W. 2004. *Avaliação de Sistemas Construtivos para Habitações de Interesse Social*. 171 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Milaneze, G.L.S. et al. 2012. *A utilização de containers como alternativa de habitação social no município de Criciúma/SC*. Simpósio de Integração Científica e Tecnológica do Sul Catarinense. SICT - SUL 1. Criciúma - SC.
- Motta, S.R.F. & AGUILAR, M.T.P. 2009. *Sustentabilidade e processos de projetos de edificações*. Gestão & tecnologia de projetos, v. 4, p. 84-119.
- Pehab 2030 - Plano Estadual de Habitação do Espírito Santo - 2030. 2013. Vitória - ES.
- Pontini, L. 2016. Governador e ministro das Cidades participam de entrega de unidades habitacionais em Cachoeiro. *Folha Vitória*, Vitória, 18 February 2016. Available at: <<http://www.folhavoritoria.com.br/geral/noticia/2016/02/governador-e-ministro-das-cidades-participam-de-entrega-de-unidades-habitacionais-em-cachoeiro.html>> [Accessed 8 April 2016].
- Royal do Brasil Indústria de Perfis de PVC Ltda. 2016. Available at: <<http://www.royal-es.com/sistema-construtivo>> [Accessed 7 April 2016].
- Santos, A. 12 June 2014. Prefeitura de Cachoeiro-ES reconvoça selecionados do Minha Casa, Minha Vida. *Folha do ES*. Cachoeiro de Itapemirim. Available at: <<http://www.folhadoses.com/noticia/2014/06/12/prefeitura-de-cachoeiroes-reconvoca-selecionados-do-minha-casa-minha-vida.html>> [Accessed 8 April 2016].
- Schmidt, V.L. 2013. *Paredes Estruturais Constituídas de Painéis de PVC Preenchidos com Concreto*: Análise das Potencialidades do Sistema. 89p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Sinduscon ES - Sindicato da Indústria da construção civil no Estado do Espírito Santo. Abril 2016. Tabela de Insumos. Available at: <http://www.sinduscon-es.com.br/v2/cgi-bin/cub_insumo.asp?menu2=60> [Accessed 25 May 2016].
- Tello, R. & Ribeiro, F.B. 2012. *Guia CBIC de boas práticas em sustentabilidade na indústria da Construção*. - Brasília: Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Nova Lima: Fundação Dom Cabral, 160p.
- TCPO14 - *Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos*. 2012. 14. ed. São Paulo: Pini.
- Uittenbroek, C. & Macht, W. 4th Quarter 2009. *A Dutch developer converts shipping containers into 1,000 units of student housing in Amsterdam*. Sustainable Containers: Cost-Effective Student Housing. *Quarterly & Urban Development Journal*. p. 53 - 60. Available at: <<https://www.pdx.edu/sites/www.pdx.edu/realstate/files/2Q10-8-Keetwonen-4-30-10.pdf>> [Accessed 28 May 2016].



Contribution to Perturb and Observe Algorithm to Maximum Power Point Tracker for Photovoltaic Systems

José Alberto Nicolau de Oliveira

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, electrical engineering department, Natal (RN), Brazil
nicolau@ifrnet.br

Leonardo Duarte de Albuquerque

Instituto Federal do Rio Grande do Norte, academic direction, Santa Cruz (RN), Brazil
leonardo.duarte@ifrn.edu.br

ABSTRACT: Traditionally, for the photovoltaic module work around its maximum output power is used a Maximum Power Point Tracking (MPPT). The MPPT is extremely important in photovoltaic systems its correct performance allows the best use of electrical power. Therefor the MPPT is an essential part of a photovoltaic system. In the most case the MPPT algorithm modify the duty cycle for switching converter, searching the point when its delivery more power. This paper proposed a new method for MPPT called Delta P (ΔP), based a traditional method Perturbation and Observation (P&O). The technique purpose increasing the time of searching in transitional, reducing the error on permanent regime. Furthermore this will increasing the system efficiency without used new Input parameters. The performance of proposed technique was assessed with simulations and good results were obtained.

Keywords MPPT, photovoltaic system, P&O.

1. INTRODUCTION

With the unbridled increase in the demand for energy on a worldwide scale, and due to the scarcity of available reserves, an intense search for alternative energy sources has been prompted in the last decade. According to the International Energy Agency (IEA, 2012), a 30% increase in the global demand for energy, is expected by 2035. This scenario has stimulated a marked surge in the development of technologies applied to renewable energy sources, prioritizing efficiency, reliability and cost reduction.

The growing demand for wind and solar energy has put them in the prime position as renewable sources, and as indispensable components of the global energy matrix. According to the IEA (2012), in 2035 renewable sources will represent one third of the worldwide production, in which solar energy is the fastest growing source.

Efforts to develop national technologies in photovoltaic microgeneration – the next energy revolution in the world, according to the IEA – will prevent the country from having to import almost one hundred percent of the technologies from pioneering countries, which is currently the case with systems based on aerogenerators.

In photovoltaic systems, the Maximum Power Point Tracker (MPPT) is done by a control technique that operates directly on the duty cycle of the power switch of the converter seeking the greatest power transfer possible for photovoltaic arrangement, which have voltage and current values that vary, mainly in relation to the irradiance and temperatures of the cells.

Based on the Perturbation and Observation (P&O) algorithm method of control, MARTINS & COELHO & SANTOS (2011), and a variation of this, the Delta P (ΔP) algorithm, demonstrated better performance, being faster and more accurate in both degree type and linear variations. The tests were carried out by PSIM® simulation software, with a Boost type power converter linked to an Direct Current (DC) bus and a 200 W solar panel fed by varying temperatures and irradiances.

2. MAXIMUM POWER POINT TRACKING

Maximum power point tracking is a control method that will be performed directly on the power bus of the Boost, seeking out the greatest power transfer possible of the photovoltaic panel through the variation of the relation between voltage and current, according to the power curve as seen in Figure 1. This curve varies mainly in detriment to the irradiance issued in the panel and to its temperature.

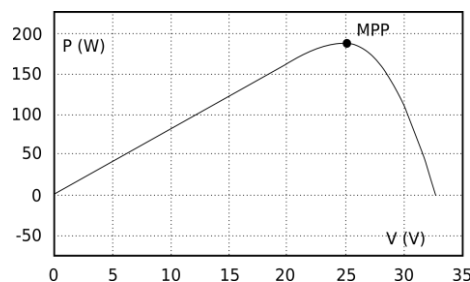


Figure 1. Power characteristic curve of a photovoltaic panel.

The voltage (where V_i is the input voltage and V_o is the output voltage) and, consequently, the current depends on the duty cycle (D), by the equation (1); from the adjustment of this cycle it will be possible to reach the maximum power point of the panel, once the output voltage is fixed at 48 V, assured by the DC bus.

$$D = 1 - \frac{V_i}{V_o} \quad (1)$$

3. PERTURBATION AND OBSERVATION ALGORITHM

Among the diverse methods that exist for determining the maximum power point used in photovoltaic panels, the P&O method stands out for its efficiency and the simplicity of implementation, shown in a simplified model version in Figure 2. In region “A” of Figure 2, the algorithm updates the duty cycle and in region “B” a verification is done, if it is within the stipulated limits.

This method of control uses only measures of photovoltaic panel voltage and current as input parameters, which can be done at the input of the converter itself (preventing the need for external sensors), and has a low computational cost and converges for the maximum power with tracking that has a low error rate.

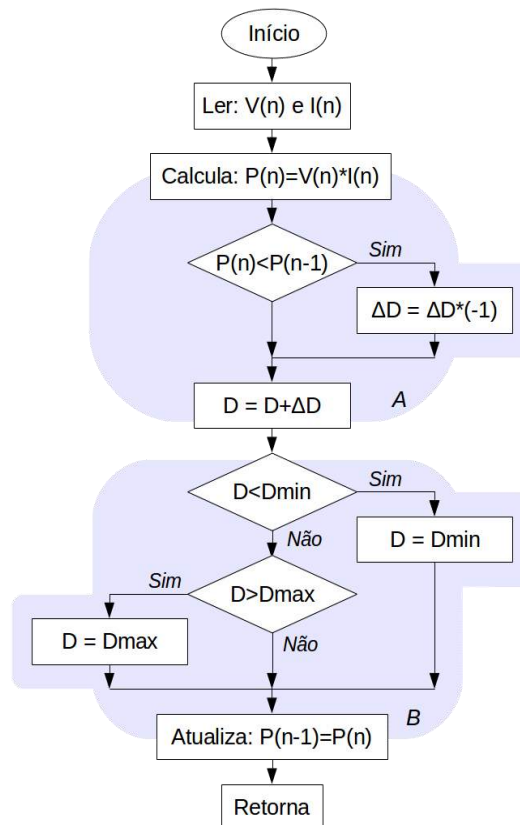


Figure 2. P&O algorithm.

4. ALGORITHM DELTA P

The ΔP algorithm is a contribution that seeks to increase the velocity of tracking in the transient, while reducing errors in the permanent regime presented by the P&O algorithm without the need for new input parameters nor compromising its low computational cost.

In the ΔP algorithm, Figure 3, the increase of the duty cycle will depend on the derivation of the power variation. The greater the power variation, the greater the increase or decrease of the work cycle – a proportionality that makes the algorithm run faster in the curve seeking the highest point and having variations that tend to zero in the permanent regime, this operation being simplified by the comparison between the present and former power through a constant. In Figure 3, similar to algorithm P&O, we have the updating of the duty cycle in region “A”, and the verification of the limits in region “B”.

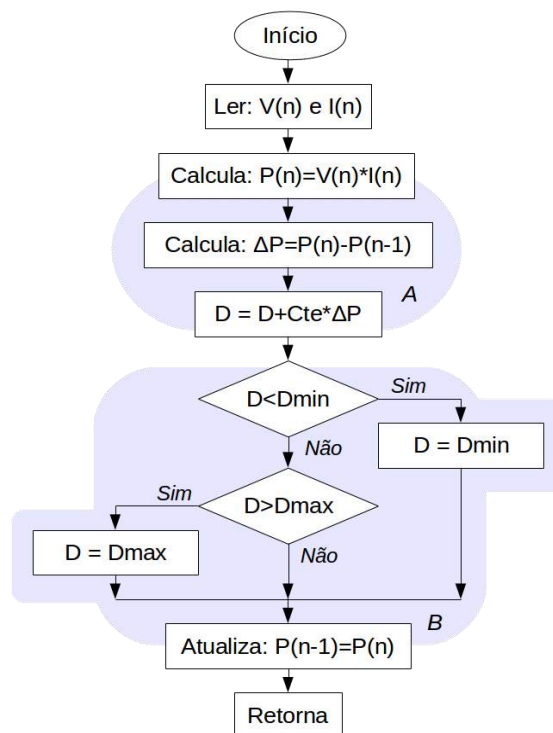


Figure 3. ΔP algorithm.

5. SIMULATION METHODOLOGY

The simulation is comprised of a photovoltaic panel linked to a Boost converter that is fed by a 48 V DC bus. This converter has its switching controlled by a block with the MPPT algorithm written in C language. In Figure 4 the diagram of the block system is shown.

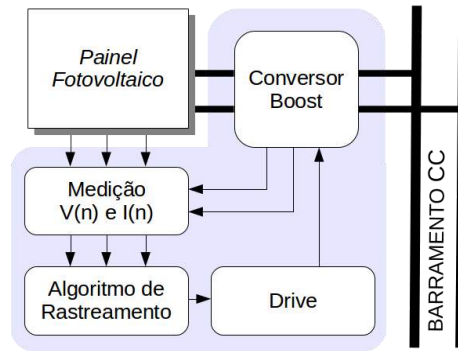


Figure 4. Block diagram of the simulated system.

The parameters of the solar panel used in the simulation, illustrated in Figure 5, were taken from the datasheet KC200GT model Kyocera Japanese manufacturer.

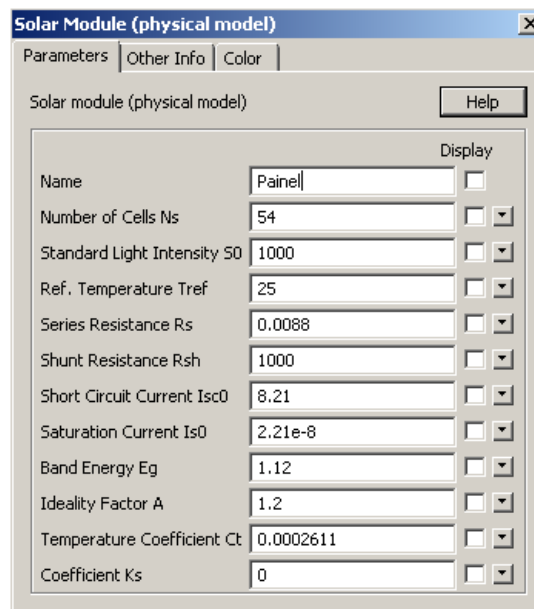


Figure 5. Features solar panel module in PSIM.

The converter components were calculated according to the equations (2), (3) and (4), using a 10 kHz switching frequency, 48 V DC bus voltage (varying between 0,5 V more or less) and the parameters of the panel chosen (Figure 5).

According RASHID (2001), the minimum capacitance (C_{min}) of the converter is calculated by equation (2) taking into account the duty cycle (D), the maximum output current (I_{0max}), the voltage of ripple (V_{rip}) and the system frequency (f).

$$C_{min} = \frac{D \cdot V_o}{V_{rip} \cdot R \cdot f} = \frac{D \cdot I_{0max}}{V_{rip} \cdot f} = 587.81 \mu F \quad (2)$$

According to MOHAN, the current in the inductor (I_L) is calculated by (3), where the minimum inductance (L_{min}) can be found at (4).

$$I_L = \frac{V_o}{2 \cdot f \cdot L} \cdot D(1 - D)^2 \quad (3)$$

$$L_{min} = \frac{V_{0max}}{2 \cdot f \cdot I_{Lmin}} \cdot D_{min} (1 - D_{min})^2 = 446.98 \mu H \quad (4)$$

For the capacitance and inductance, greater values than the minimum were used, to guarantee the functioning of the converter in a continuous way for the current. Even in relation to the components used, the internal resistance was considered, and, in the bus, drops in voltage, resistance representation and parasitical inductance, aiming to approximate, a little more closely, a real experience, as shown in Figure 6.

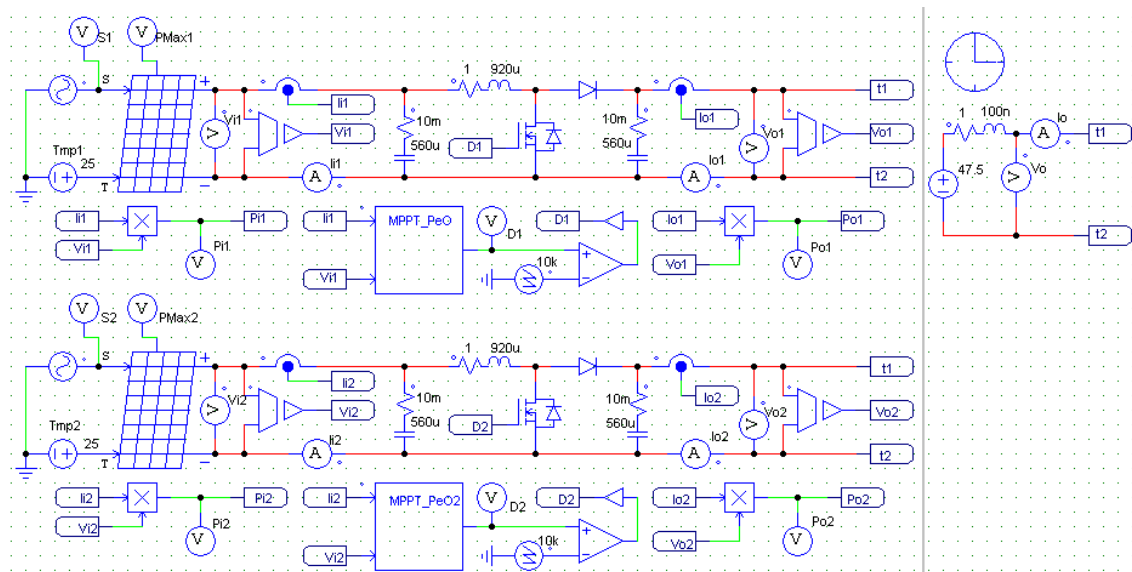


Figure 6. Complete system simulated using the PSIM software.

6. RESULTS OBTAINED

To obtain results of the comparison between the methods, the same adjustments were used in the parameters of initiating and sampling, and the values for irradiance and varying temperatures, in order to obtain different outputs from the panel. Stretches of irradiance were simulated between 100 W/m^2 and 1100 W/m^2 with a linear variation through a sinodal function and discrete variation in the form of degrees, according Figure 7 (a) and (b). The input temperature, when not fixed at $25 \text{ }^\circ\text{C}$, was varied linearly between $25 \text{ }^\circ\text{C}$ and $45 \text{ }^\circ\text{C}$ through a sinodal function, as illustrated in Figure 7 (c).

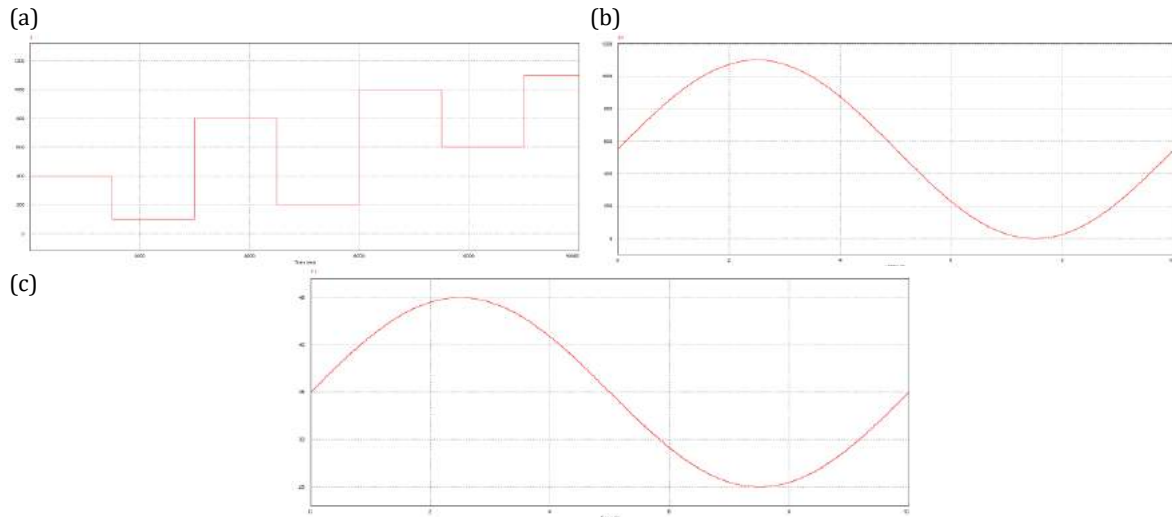


Figure 7. Signals applied to the photovoltaic panel - (a) Steps of irradiance; (B) Seno function of irradiance; and (c) Seno function of temperature.

To test the variation in irradiance in degrees switching was used in intervals of 100 W/m², 200 W/m², 400 W/m², 600 W/m², 800 W/m², 1000 W/m² and 1100 W/m² with periods of 1.5 s, as shown in Figure 7 (a) and a fixed temperature in 25 °C. In Figure 8 graphics are shown with the maximum power provided by the panel in blue and the power obtained by the system in red, with the main graph showing the result of the method using the ΔP algorithm and the second graph using the traditional P&O algorithm.

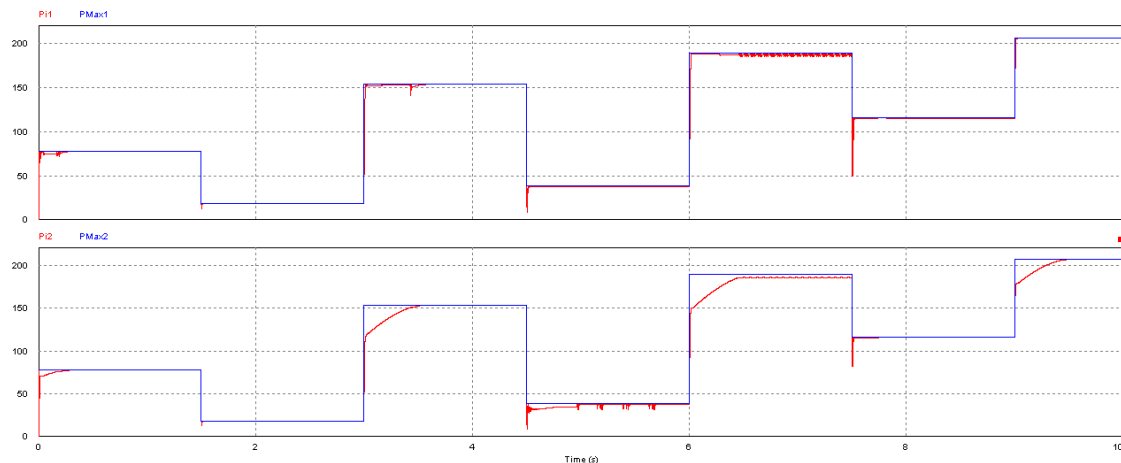


Figure 8. Graphics comparing maximum power reference values and simulated with variation in irradiance of steps obtained in PSIM software.

In Figure 9, results of the panel power are shown with the irradiance variation in a linear fashion through the sinodal function varying between 100 W/m² and 1100 W/m², as shown in Figure 7 (b), with the fixed temperature at 25 °C, the maximum power provided by the panel in blue color and the power obtained by the system in red color, the first graph being the result of ΔP algorithm and the second with P&O algorithm.

In the third text, a linear temperature variation of the panel used a form of varying sinodal wave, varying between 25 °C and 45 °C, as shown in Figure 7 (c), and fixed irradiance at 800

W/m². The results are shown in Figure 10 - the first graph being the result of ΔP algorithm and the second of the P&O algorithm, both with the maximum power in blue color and the power obtained in red color.

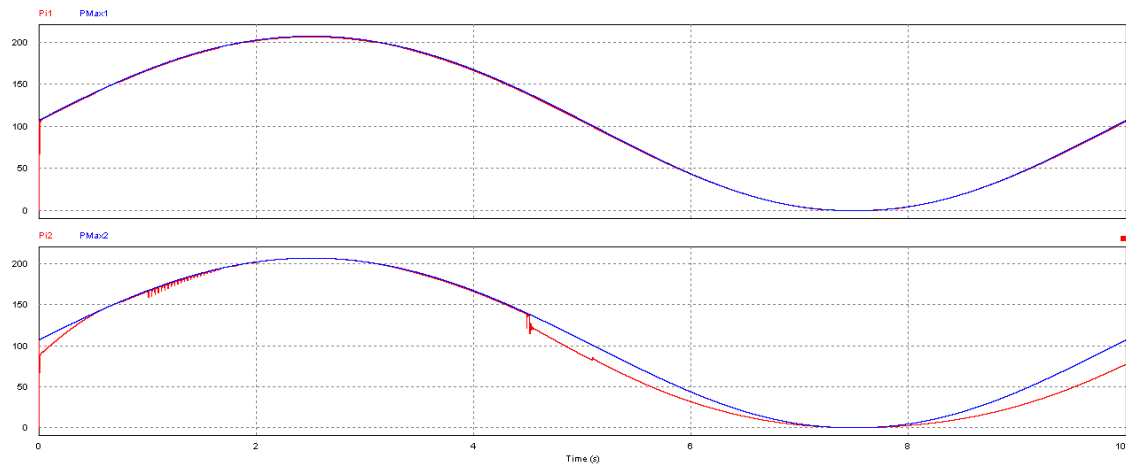


Figure 9. Graphs comparing peak values of power and reference simulated linear variation of the temperature, obtained in the PSIM software.

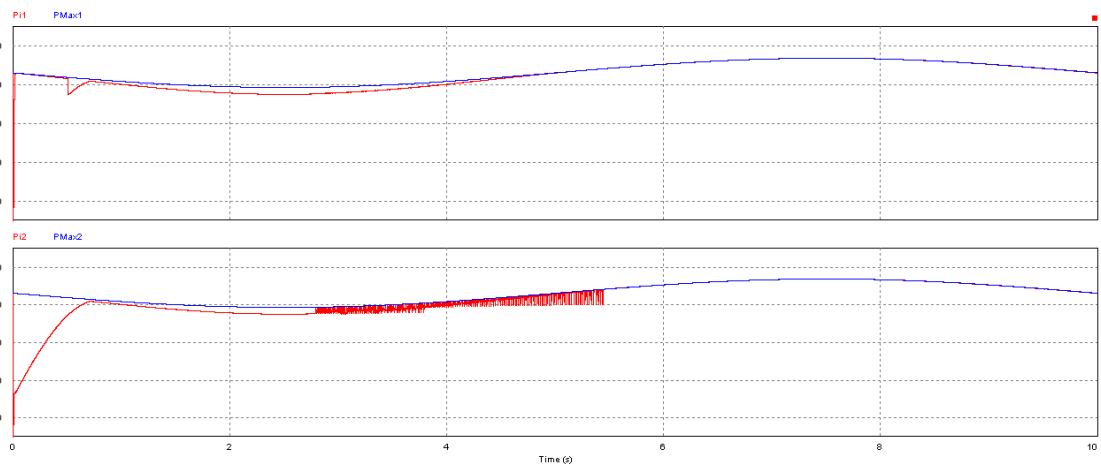


Figure 10. Graphs comparing maximum power reference values and simulated with linear variation of irradiance obtained in PSIM software.

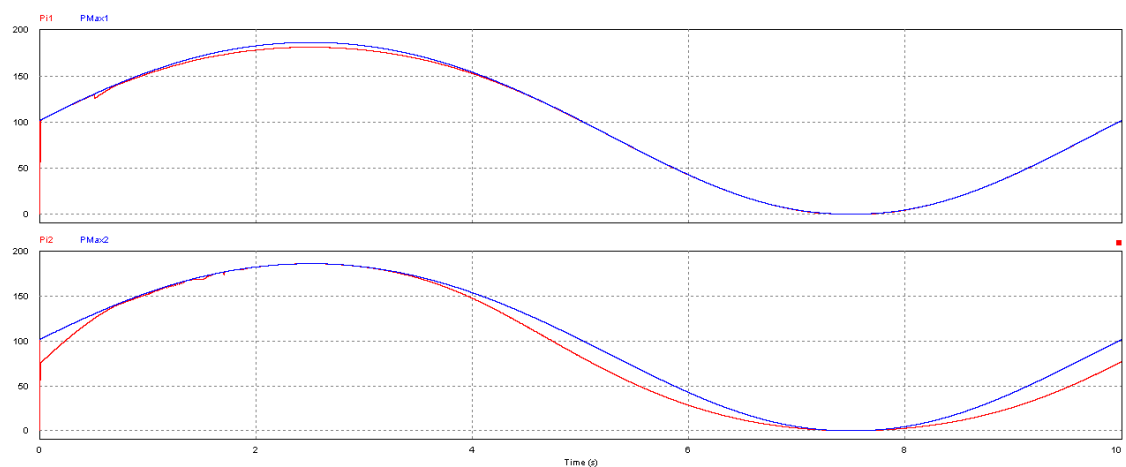


Figure 11. Graphs comparing peak values of power and reference simulated with linear variation of irradiance and temperature obtained in the PSIM software.

For the simulation of the typical situation, with the proportional temperature and irradiance, a variation of irradiance and temperature was applied to the photovoltaic panel, as shown in Figure 7 (b) and temperature as shown in Figure 7 (c), both varying in a sinodal way and in the same phase, with the irradiance between 100 W/m² and 110 W/m² and temperature between 25 °C and 45 °C. The graph in Figure 11 shows the panel's output power (red) and maximum (blue), in order, for the proposed algorithm and for the traditional method. In Table 1, the summary of the results in the simulations obtained are shown.

Table 1. Summary of simulated results.

Results	Simulation			
	(1)	(2)	(3)	(4)
Maximum power panel (W)	109,88	104,92	146,27	97,17
Power extracted – ΔP algorithm (W)	106,64	97,76	143,61	88,98
Power extracted – P&O algorithm (W)	108,93	104,17	145,12	95,77
Performance - ΔP	0,99	0,99	0,99	0,99
Performance - P&O	0,97	0,93	0,98	0,92
ΔP algorithm the performance gain of the P&O (%)	2,15	6,56	1,05	7,63

7. CONCLUSIONS

Studies that aim to increase the performance of the current systems that operate with alternative energy sources are a prime necessity for the continuation of the electric energy supply in the near future – photovoltaic sources being the major prospect in growth in this area. Contributing to the popular P&O method of MPPT, the ΔP method uses the same parameters and structure, presenting advantages with relation to the first and improving tracking results. Simulations were carried out to compare methods, changing only the algorithm used, with the converter linked between a photovoltaic panel using different variations of irradiances and temperatures and an DC bus. The results obtained through graphs and summary tables show a gain in performance of the contribution proposed of more than 7.5 % in comparison with the traditional method, proving the effectiveness of the new algorithm and thereby collaborating with the national technological development of renewable energy.

REFERENCES

- ABDELSALAM, A., 2011, High-performance adaptive perturb and observe MPPT technique for photovoltaic-based microgrids. Power Electronics, IEEE Transactions on. ISSN 0885-8993.
- Ahmed, K. A.; Shehad, A., 2012, INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, World Energy Outlook, Paris
- D'SOUZA, N.; LOPES, L. A. C.; LIU, X., 2005, An intelligent maximum power point tracker using peak current control. In: Power Electronics Specialists Conference.
- HAMDY, M., 1994, A new model for the current-voltage output characteristics of photovoltaic modules. J. Power Sources. ISSN 0018-9251.
- HUA, C.; SHEN, C., 1998, Comparative study of peak power tracking techniques for solar storage system. In: Applied Power Electronics Conference and Exposition, APEC'98.
- IBRAHIM, H.-S. et al., 1999 Microcomputer controlled buck regulator for maximum power point tracker for dc pumping system operates from photovoltaic system. In: Fuzzy Systems Conference Proceedings, 1999. FUZZ-IEEE '99. IEEE International. ISSN 1098-7584.
- MARTINS, D. C.; COELHO, R. F.; SANTOS, W. M., 2011, *Técnicas de rastreamento de máxima potência para sistemas fotovoltaicos: revisão e novas propostas. XI COBEP.*
- MOHAN, N.; TORE, M. U.; ROBBINS, W. P., 2002, Power Electronics: Converters, Applications, and Design. ISSN 0471226939.
- MUHAMMAD H. RASHID, 2001, Power Electronics Handbook. ISSN 0123820367.



Analysis of Generation Photovoltaic Potential at NIPE Building

Paulo Henrique Breyner Saldanha de Oliveira

State University of Campinas, Energy Planning Systems, Campinas, Brazil

phbreyner@fem.unicamp.br

Jane Tassinari Fantinelli

University of San Francisco – GPMAS, Research Voluntary Interdisciplinary Center of Energy Planning (NIPE), State University of Campinas, Brazil

janetassarif@gmail.com

Carla Kazue Nakao Cavaliero

State University of Campinas, Research Interdisciplinary Center of Energy Planning (NIPE), State University of Campinas, Brazil

cavaliero@fem.unicamp.br

Douglas Sermarini

State University of Campinas, Institute of Physical, Campinas, Brazil.

douglassermarini@gmail.com

Mauro Donizete Berni

State University of Campinas, Research Interdisciplinary Center of Energy Planning (NIPE), State University of Campinas, Brazil

mberni@unicamp.br

ABSTRACT: The use of photovoltaic systems, through the Net Metering System, existing in the Brazilian Electric Sector, can contribute significantly to the environment. Once integrated into the building envelope, generating energy near the center of consumption, prevent new and existing buildings consume energy from non-renewable sources. In this sense, this work is to analyze the best way to integration and adaptation of a photovoltaic system connected to the network at building of Interdisciplinary Center of Energy Planning (NIPE) at State University of Campinas, located in Campinas - SP, Brazil. Evaluates the potential for electricity generation and most efficient technology in terms of architectural volumetry, existing shaders in building envelope and the environmental impacts caused by the adoption of different types of cells (Monocrystalline, Polycrystalline, Copper-Indium-Gallium-Selenium - CIGS and Cadmium Telluride- CdTe). They are used the software Sketchup and Radasol for shading analysis and potential for electricity generation in demand peaks. The results show that the power supply tracks are up to 45%, representing a significant reduction of the total energy consumed by the building.

Keywords BIPV, Energy efficiency, Nearly Zero Net Buildings.

1. INTRODUCTION

The Normative Resolution No. 482/2012, developed by National Electrical Energy Agency, that set the standards for power compensation through renewable energy sources, significantly increased the share of photovoltaic systems connected to the network, especially the smaller capacity systems in order to provide to small residential central and small business. According to the Bank of Information Generation (BIG) of ANEEL's report of October 2015, about 1074 plants were connected to the grid. Most buildings already constructed do not have the ideal and favorable conditions for implementing these systems. The integrated system in buildings near the point of consumption, helps in reducing peak demand, decreasing the dependence on fossil fuels and non-harmful to the environment. The integration of architecture and engineering is therefore essential for better energy utilization technology. The objective of this study is to evaluate the energy potential with the implementation of a photovoltaic system in the research building of the Interdisciplinary Center of Energy Planning, located at Unicamp.

2. METHODOLOGY

According (Lima,2012), the method used to evaluate the best way to adapt and integrate the photovoltaic system proposed in building the NIPE is given according to the flowchart of Figure 1:

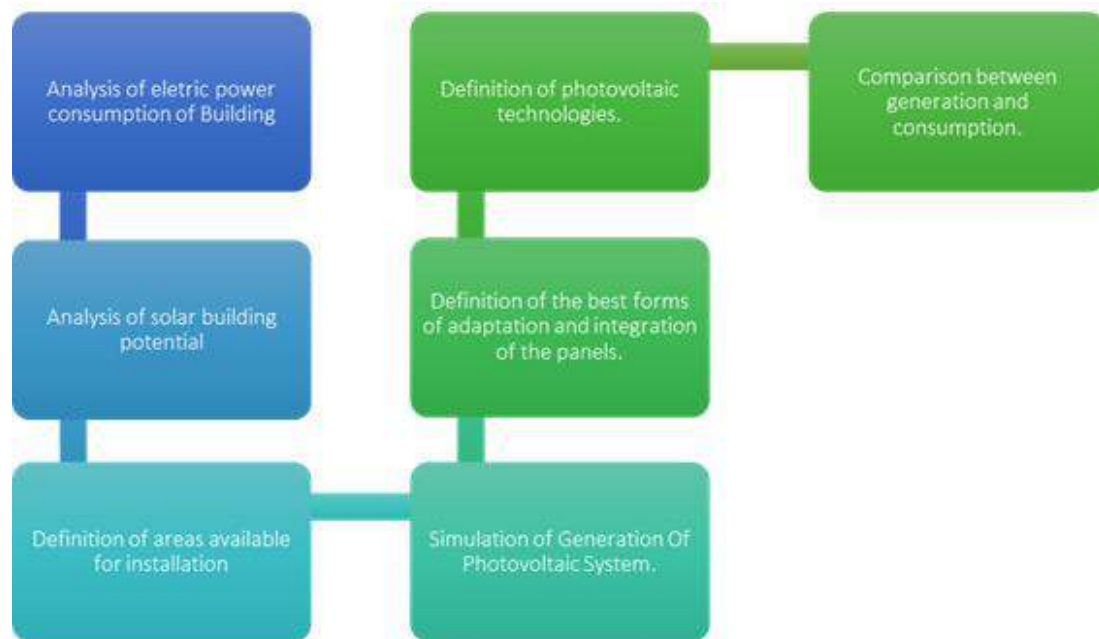


Figure 1 - Flowchart for photovoltaic project.

Initially the power consumption of the building was measured. As the building does not have a clock electricity meter, current measurements were performed on the transformer output that feeds the building through the data logger *SmartReader Plus 3* and *Trend Reader* software for reading and processing data values of current versus time for energy values. Measurements were made during three consecutive days of April. It is noteworthy that were

planned measurements for 7 days a week, including over the remaining months and seasons, however operational problems with the NIPE unfeasible its implementation until the end of this article. If possible, new measurements will be carried out and its results will be reported. It held an average of these three days to determine the average daily consumption. Then multiplied this consumption in the days of operation of the building activities of the same month.

After determining the consumption through the collected data was carried out an analysis of the solar potential of the areas available for implementation of the photovoltaic system. This required the use *Radiasol* software to get the data of solar radiation at different inclinations and orientations of the assessed areas, *Sketchup* and *Design Builder* to simulate and analyze building 3D shading. It was necessary to use two software for shading analysis due to computer problems, which led to loss of software *Design Builder* as well as some data collected.

With the defined areas the third stage of this work is to raise the existing photovoltaic technologies available in the market and its main characteristics.

Subsequently were defined the best forms of integration and adaptation of photovoltaic systems in the building. For that they were raised the experiences of countries that have large-scale implementation of this technology in the types of adaptation and integration of these systems for the various types of applications such as roofs, facades and external structures.

The final stage of the work consisted of simulate the amount of energy generated from each form of adaptation and integration adopted for each technology through the technical data of the selected panels models, data losses involved in each part of the system connected to the network and the *Radiasol* radiation data. After estimating for each technology generation comparison with consumption of the building was performed.

3. ANALYSIS OF NIPE'S SOLAR POTENTIAL

In this work as the goal is to estimate the solar energetic potential of the building, shading free areas were selected on the roof and facade of NIPE. A simulation was performed using the *Sketchup* and *Design Builder*, software to select the best areas of implementation of the system, according the Figure 2 and 3:

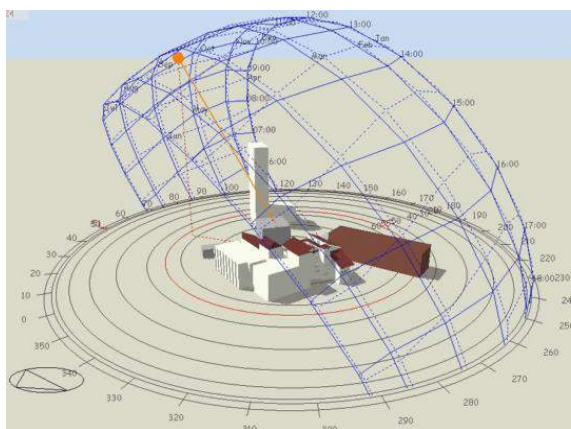


Figure 2 - Shading simulation throughout the year. (Tassinari, 2015)

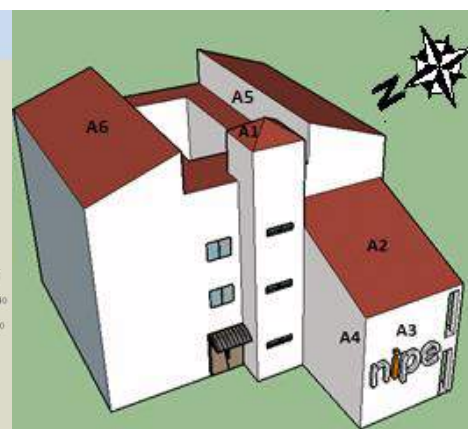


Figure 3 - Implementation areas for panels at the NIPE building.

The area A6 was discarded due to the shadowing in all its extension throughout the year due to existing building next to the NIPE.

The incidence angle of sunlight depends on factors such as time of day, day of the year, guidance and flat slope. For each area selected were verified the proper orientation and inclinations and based on the software *Radiasol 2.0* were raised irradiance and the average irradiation, from 6:00 to 18:00 hours, during the days of the year. Values are shown as Table 1:

Table 1 - Irradiance e Irradiation for each area selected at NIPE.

Area	Orientation	Inclination	Radiasol Data	
			Irradiance (MJ/m ²)	Irradiation (MJ/m ² .day)
A1,A5	North	22°	3,48	18,97
A2	West	22°	3,12	16,99
A3	West	90°	1,81	9,79
A4	North	90°	1,99	10,87

4. TYPES OF TECHNOLOGIES

To evaluate the photovoltaic energy potential at the NIPE building were studied the most consolidated technologies in the market, monocrystalline and polycrystalline silicon, and also those that have been developed for integration on the surfaces of buildings as cadmium telluride (CdTe) and copper indium gallium selenide CIGS, according Figure 4 to 7. The main data of the selected panels are shown in the table 2, as the standard test conditions (1000 W/m², 25°C e AM = 1,5):



Figure 4 - Sunpower SPR-333NE-WHT-D. Source: Datasheet of Manufactures.



Figure 5 - Canadian Solar CS6P-255P BLK. Source Datasheet of Manufactures.



Figure 6 - First Solar FS-397-PLUS. Source Datasheet of Manufactures.



Figure 7 - PowerFLEX™ BIPV 300W. Source Datasheet of Manufactures

Table 2. Specifications of the PV modules used in application testing standards (STC). Source: Datasheet of Manufactures.

Technical data	Sunpower SPR-333NE-WHT-D	Canadian Solar CS6P-255P BLK	First Solar FS-397-PLUS	PowerFLEX™ BIPV 300W
Type technology	Monocrystalline (m-Si)	Polycrystalline (p-Si)	CdTe	CIGS
Maximum Power (Wp)	333	255	97,5	300
Area (m ²)	1,63	1,6	0,72	2,81
Efficiency (%)	20,4	15,54	13,2	12,6

5. TYPES OF INTEGRATION AND ADAPTATION

According Zomer (2014) there are several types of integration of photovoltaic panels in buildings. The main types of integration are shown in Figure 8:

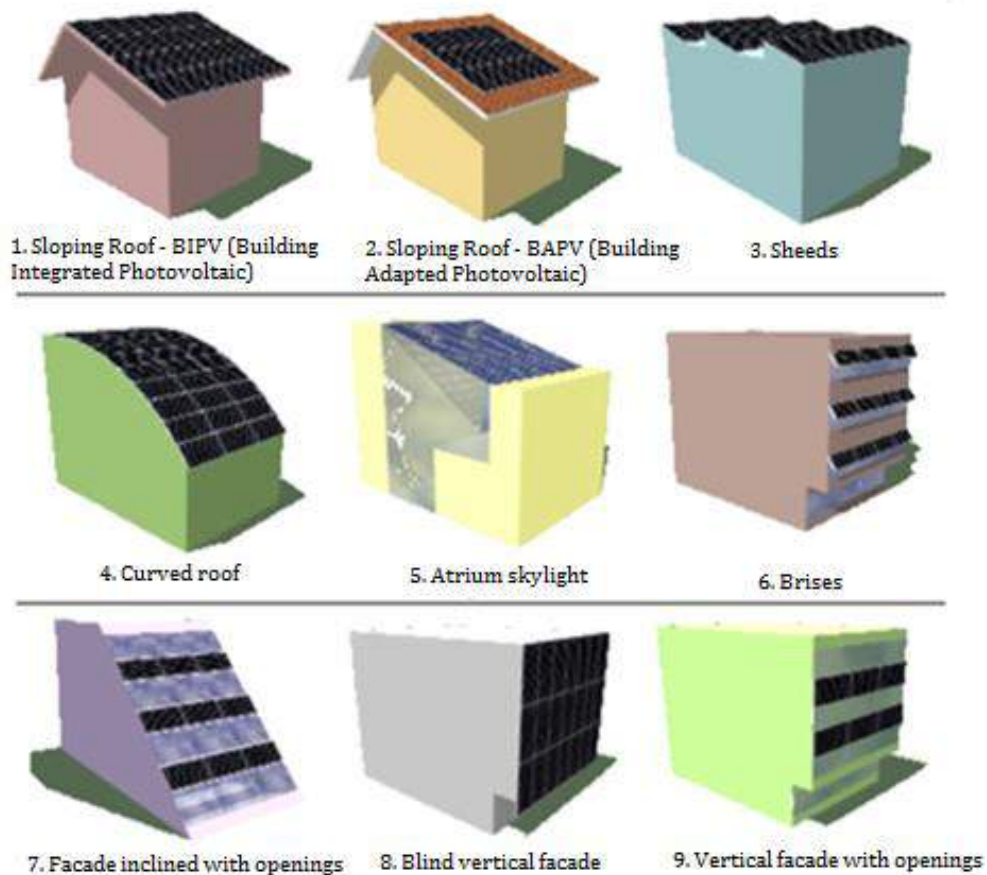


Figure 8 - Types of integration and adaptation of photovoltaic panels. Source: (Zomer,2014).

The final simulation of the installation for each technology is given as the Figure 9 to 12:



Figure 9 - Integration with SunPower.



Figure 10 - Integration with Canadian Solar.



Figure 11 - Integration with First Solar.



Figure 12 - Integration with PowerFlex.

6. CALCULATION OF POTENTIAL ENERGY

According Almeida (2012) is possible to calculate, based on values found in Radiasol, the value of total solar resource available in selected areas, by technology, and considering the losses values adopted in his thesis it is possible to analyze the energy use as shown in Table 3:

Table 3 - Analysis of Energy Use of Each Technology

	SunPower	Canadian	First Solar	PowerFlex
Solar resource available (GJ/year)	516,39	580,52	507,93	483,18
Losses in PV conversion	79,6%	84,5%	86,8%	87,4%
Losses due to degradation	5,0%	5,0%	5,0%	5,0%
Losses due to temperature	7,12%	7,12%	7,12%	7,12%
Losses due to dirty	5,86%	5,86%	5,86%	5,86%
Losses D.C	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%
Losses on the Inversor	7,84%	7,84%	7,84%	7,84%
Losses on the transformer	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%
Losses due to conection	4,54%	4,54%	4,54%	4,54%
Energy util (GJ/year)	70,92	60,73	45,13	40,98
Global efficiency	14%	10%	9%	8%

Analyzing the data obtained from the measured load curve in the transformer that supplies the building it is concluded that the average monthly consumption of the building is 13,716 MJ/month (3,810 kWh/month). Comparing the profiles of the building load curve in NIPE with the generation curve of the PV system for each technology, in selected areas, has the Figure 13:

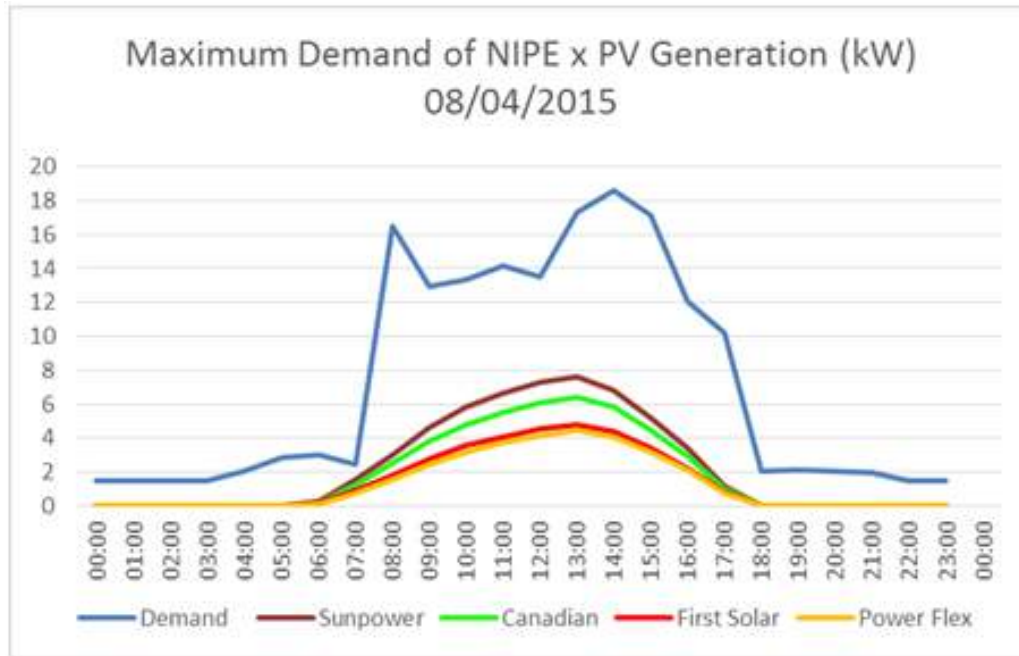


Figure 13 - Comparison of NIPE Demand Curve with PV generation curve for each selected area.

Analyzing the graphic, it is noticed that the peak demand coincides with the peak of photovoltaic generation that occurs around 13:00 on the basis that most PV modules have been incorporated in the simulation in the roof fall facing west. This is a typical feature of the commercial sector, especially in buildings with air conditioning (Salamoni, 2004). Table 4 shows the percentage of energy supply of Nipe from each photovoltaic technology at the conditions of the selected areas and in the ideal conditions:

Table 4 - Energetic supply percentage of photovoltaic generation at NIPE.

	SunPower	Canadian	First Solar	PowerFlex
Selected conditions	45%	38%	29%	26%
Ideal conditions	58%	50%	38%	35%

7. RESULTS

The types of integration taken to implement the panels are able to generate for the lower efficiency panels, CIGS, 3.415 MJ/month (949 kWh/month), while the panel more efficiently, m-Si generate about 5,910 MJ / month (1.641 kWh/month). If all panels were in ideal conditions (facing true north and inclination equal to local latitude) the monthly generation group would be 4,676 MJ/month to 7,621 MJ/month, respectively (1.300 kWh/month to 2.116 kWh/month). Table 5 shows the comparison between the photovoltaic generation adopted for the types of integration and optimal conditions:

Table 5 - Comparison of photovoltaic monthly generation among selected types of integration and the ideal conditions in MJ/month.

	SunPower	Canadian	First Solar	PowerFlex
Selected conditions	5.910	5.061	3.761	3.415
Ideal conditions	7.621	6.567	4.984	4.676
Percentage difference	22,4%	22,9%	24,5%	26,9%

Analyzing the loss of irradiation relative orientation of the reference planes is perceived that by directing the panels to the west, keeping the slope equal to the latitude, you lose about 10.2% of energy. Regarding the inclination, to keep the panel oriented to the north and tilt it 90 °, you lose about 43.1%.

8. CONCLUSIONS

It is essential to make an energetic use of study to obtain the maximum of possible efficiency in buildings and then enter the utilization of PV systems.

No selected technology ensured 100% of the energy supply of the building. But even in unfavorable conditions the supply range was 26 to 45%, representing a significant reduction in dependence on energy from non-renewable sources and even helping to preserve reservoirs of hydroelectric plants.

A greater incentive for public policies that buildings already built in Brazil to carry out a retrofit study and improve their energetic use is necessary.

For new buildings is required greater interaction between professionals in architecture, civil construction and photovoltaic technology to obtain a better use of the benefits of this renewable generation source.

Therefore, it can be concluded that there is a great importance of designing buildings taking into account conditions that favor the generation of photovoltaic solar energy, especially in the commercial sector where the demand curve coincides with the solar generation curve. In this case the photovoltaic systems can contribute to reduction in peak demand.

REFERENCES

- Almeida, M. P. 2012. *Photovoltaics qualification connected to the grid*. University of São Paulo. São Paulo.
- ANEEL - *National Electric Energy Agency*. 2012: Normative Resolution No. 482/2012; 17/04/2012.
- ANEEL - *National Electric Energy Agency*. 2015. Distributed generation exceeds 1000 connections in Brazil.
- Lima, B. W. F. 2012. Distributed generation applied to buildings: zero energy buildings and the case of FEC-*Unicamp teaching laboratory*. Campinas State University. Campinas.
- Salamoni, I. T. 2004. *Methodology for calculation of photovoltaic generation in urban areas applied to Florianópolis and Belo Horizonte*. Federal University of Santa Catarina. Florianópolis.
- Zomer, C. D. 2014. *Estimate the influence of partial shading method in energy generation of integrated solar photovoltaic systems in buildings*. Federal University of Santa Catarina. Florianópolis.



Use of photovoltaic solar energy in built environments in accordance to NR 482/2012 and 687/2015

Wemerson Rocha Ferreira

Federal University of Minas Gerais, Pos-Graduate Program in Nuclear Sciences and Techniques, Belo Horizonte (MG), Brazil

wemerson.ferreira@meioambiente.mg.gov.br

Wilson Pereira Barbosa Filho

Federal University of Minas Gerais, Pos-Graduate Program in Nuclear Sciences and Techniques, Belo Horizonte (MG), Brazil

wilson.ferreira@meioambiente.mg.gov.br

Abílio César Soares de Azevedo

State Environmental Foundation, Belo Horizonte (MG), Brazil

abilio.azevedo@meioambiente.mg.gov.br

Antônio Henrique dos Santos

Fundação Estadual do Meio Ambiente, Belo Horizonte (MG), Brasil

antonio.santos@meioambiente.mg.gov.br

Lívia Maria Leite da Silva

Pontifical Catholic University of Minas Gerais, Pos-Graduate Program in Electrical Engineering, Belo Horizonte (MG), Brazil.

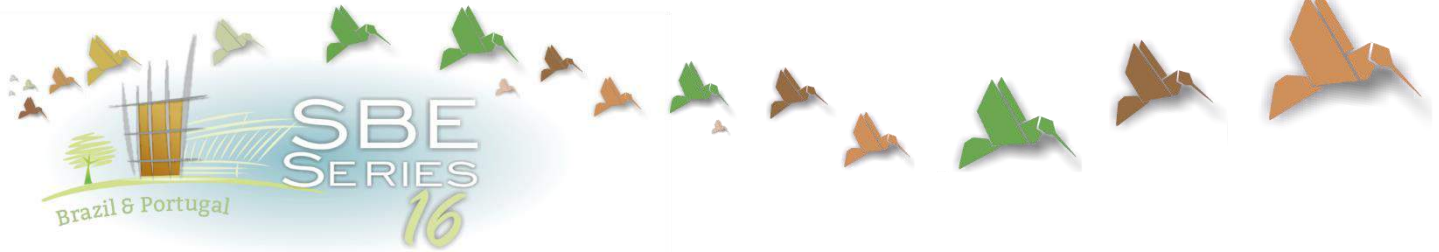
liviamariasilva@hotmail.com

Antonella Lombardi Costa

Federal University of Minas Gerais, Pos-Graduate Program in Nuclear Sciences and Techniques, Belo Horizonte (MG), Brazil

antonella@nuclear.ufmg.br

ABSTRACT: In recent years, the energy photovoltaics has been recognized internationally as a very promising technology. International experiences have contributed to the analysis of market expansion, economies of scale and reduced costs for investors. From a strategic point of view, Brazil has a number of natural features favorable to this type of generation, as its high levels of insolation. Such factors potentialize the attraction of investors, as well as the development of an internal market, what highlights the important role what this technology can play in the energy matrix of the country. In 2012 came into force on Normative Resolution n° 482, which establishes the general conditions of access to the electricity distribution systems in case of distributed microgeneration systems and



distributed minigeneration systems, in order to reduce regulatory restrictions for the connection of small power generator in the electricity distribution grid and introduce the power compensation systems (net metering). This article was supported in the review of related literature and applicable regulations and aims to discuss the revision of the power compensation system what is described in normative resolution 482/2012, and modified by resolution normative 687/2015, and its effects on the expansion of solar PV in built environments, and its capacity in stimulate the use of new technologies, the increased of the efficiency and the expansion of distributed generation. It was found that, despite the advances that the normatives represent, the development of photovoltaic energy is still held back by the lack of mainly economic and legal incentives.

Keywords: *solar technology, renewable energy, the built environment, public policy.*

1. INTRODUCTION

In the last half of the century XX a urbanization process was verified in developing countries, what resulted in large population concentrations in a few cities, aggravating the use of public spaces, urban mobility and income gap. Similarly, the Brazilian population has changed your profile in this same period, changing also its economy, mobility and characteristics of its built environment. According projections released by Brazilian Institute of Geography and Statistics (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE), the population follows a trend of growth to an increasingly slower pace until the 2040s, when it provides the beginning of a decline in population growth rates. Thus, it is estimated that by 2030, the average age of the Brazilian will be 36 years and 61.4% of the population will be over 30 years old (Ibge, 2008), that is, there will be more adult people able to form family and to demand housing (Eyt, 2008). This scenario provides a prediction that there will be a increased demand for buildings, accompanied by the expansion of consumption of inputs associated with the use and operation of the built environment, as energy. In addition, it must be noted that two thirds of global energy consumption occurs in cities. In view of this, considering such changes in the current model occupation, a considerable impact on the energy supply and demand is estimated across the country and across its the generation infrastructure, transmission and distribution of this energy. Therefore, the development of the public policies related to energy sector and able to meet such demands is necessary. The policies should to promote incentives and an effective change in the paradigms of the generation, transmission and distribution chain of energy.

2. CONTEMPORARY PERSPECTIVES ABOUT THE ENVIRONMENT BUILT

Since the beginning of the sedentarization process of humanity, and even more so with its consolidation, the human is changing the so-called natural environment with building an infrastructure capable of attend their basic needs for housing, security and mobility. However, only with increased industrialization, followed by the disorderly growth of the cities, it was established the concept of built environment or artificial (São Paulo, 2016), designated like an environment produced by the action of man to transform nature (Calil, 2016).

Usually, the relationship between the natural environment and the built environment are analyzed by the bias of the second impact on the first. However, in a holistic view, the human activity can be considered under a perspective where it is part of the environment, what make necessary also to analyze the influence of natural factors on the buildings, once what, in real cyclical relationship, these factors affect directly and indirectly the manner how the interference caused by human impacts the natural environment (Sousa Junior, 2006). In this context, it is necessary to seek a balance between human desires and the maintenance of the natural environment, within a concept of sustainable development, which must be effectively anchored in an environmental urban planning. The sustainability of a building comes from the characterization of the processes by which it has been designed and executed, as well as the sum of the various techniques used in relation to environment and the place, making use of available resources effectively and without exhausting them, not compromising the service capacity of the natural resources available in the environment for

future generations (Barbosa Filho et al., 2016). Thus, several successful initiatives of sustainable constructions have been developed by cities around the world. Many of the programs treat the individual sectors of construction, such as public buildings, commercial buildings, schools or homes. Others programs set specific resource conservation goals, such as saving in water use, reuse of materials seeking to minimize the level of greenhouse gases emissions (GHG) level. However, it is evident on the world stage that private and public initiatives should implement and further expand their approaches and scope of its actions to the consolidation of this new paradigm of promoting sustainable development, including new building codes or new standards and incentives for public buildings, private and new ventures (São Paulo, 2011).

There are some consensus, which is increasingly growing in scientific discussions and policies, which the global warming and other climate changes and their consequences are not just a problem for future generations, and it is not a matter that governments can solve alone, but is a problem that requires the involvement of every individual and of the whole society. The broad participation of citizens should be seen and understood as a fundamental factor for the changes to be promoted and felt by all the different layers of society in an equitable way. Thus, some municipalities are already promoting campaigns and public engagement projects in order to encourage people, businesses and community organizations to be protagonists in proposing of mitigation and adapting solutions to new requirements and demands, including the energy (Sao Paulo, 2011). It is, therefore, by the popular participation that public policies can reach a level of greater efficiency and rapidly, both by its applicability as for their monitoring and maintenance.

This new energy context, influenced by the question of adaptive need throughout the contemporary built environment and future, makes evident the need for incorporation of non-conventional energy sources in the energy mix that feed the development of human activities, increasingly urban. Throughout the world, especially in countries with greater economic and social development index, they have been presented a smorgasbord of projects and programs aimed at the use of new generation technologies and non-conventional energy use, as well as their applications in different urban environments and suburban (São Paulo, 2011), especially with a concern focused on energy conservation and improved efficiency of energy conversion systems (Aguiar, 2004). The total energy required for the consolidation of a sustainable development model requires the proposition of a new paradigm, in order to cause the convergence of new and innovative technologies, with new institutional structures, new ways of doing public policies and behavior human, always in transformation (Sao Paulo, 2011). That way, there is a growing demand for energy services what ensure greater safety and systemic reliability, coupled with the need to reduce emissions of GHGs. The solution of these issues is related to creation of new investment in research and development and technological diffusion, as well as new policies and new behavioral models lifestyle.

2.1 Characterization of environmental built in Brazil and its prospects

As shown by Alves & Cavenaghi (2012), the 2010 census realized by IBGE demonstrates an increase in the number of households with five or more rooms, while there is a decrease in the average number of people in each house, which also happens with size of family. The data show that the total number of domiciles increased by 24.5% between the years of 2000

and 2010, outpacing the growth of 12.5% of the population in the same period. The average number of people per domicile has fallen from 5.3 people in 1970 to 3.3 people in 2010 (Alves & Cavenaghi, 2012) and can reach 2.3 people per domicile in 2050 (Epe, 2014). Finally, the census shows that in 2030, Brazil will have 91.1% of the population in the cities (Figure 1).

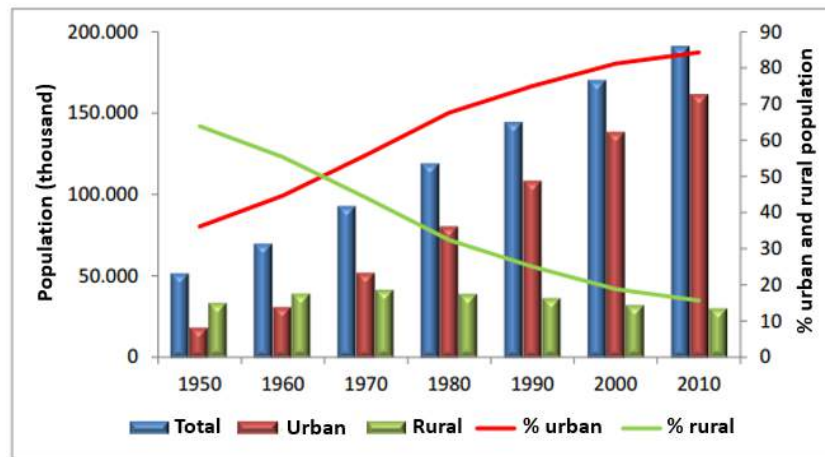


Figure 1. Stratification of the Brazilian population. Source: Alves & Cavenaghi 2012.

These factors are accompanied by an increased demand for services and products, occurring a growth of commercial, service and industrial sectors. Therefore, it is expected that will occur a booming of Brazilian built environment.

3. THE POTENTIAL OF USE OF SOLAR ENERGY IN BRAZIL.

The photovoltaic electricity generation is becoming increasingly interesting, either be the use of a renewable source (Hosenuzzaman et al., 2015), like by not have the magnitude of the environmental impacts often associated with other conventional forms of energy use. The photovoltaic systems, whether in centralized or decentralized generation, have experienced great global growth in recent years (Turney & Fthenakis, 2011), mainly due to increased demands and resource constraints, aggravated by the acceleration of environmental degradation.

3.1 Brazilian situation

The electricity generation in Brazil was developed strongly supported in hydroelectricity, however, the country has been facing some difficulties in its energetic scenario. Among them, it can highlight the physical and environmental constraints that hinder the construction of large reservoirs what cause the decrease of capacity of regularization of water flows of the power plants (Barbosa Filho; Azevedo & Xavier, 2013); and the decreased rainfall, which can be verified by the water crisis that hit mainly on the southeast of the country, at the end of the wet period of the biennium 2014/2015 (Cerqueira, 2015). Moreover, the energy sector is experiencing difficulties related to attendance the demand not only in the typically dry period, because the power supply capacity is greatly affected by atypical drought period by which spends Brazil, notably the Southeast Region. This situation has brought many adverse consequences, indicating that the supply when supported by a single source, may suffer complications related to its reliability and safety. There is,

therefore, the need to insert up mechanisms to ensure increased supply of electricity together with the stability and quality of this energy over time (Silva et al., 2015).

In this context, Brazil has one of the highest solar radiation in the world. Most of the national territory is close to the equator, not presenting so large variations in solar radiation throughout the day (Brazil, 2008). The annual values of incident global solar radiation ranging between 1,550 and 2,400 kWh/m² throughout the national territory and are superior to the most European Union countries, for example Germany (900-1250 kWh/m²) and France (900-1650 kWh/m²) (Pereira et al., 2006).

According to Epe (2014) a study was conducted in partnership with the *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit* (GIZ), approaching the total generating capacity in residential roofing, certainly one of the main applications in distributed generation (DG) (Tab. 1).

Table 1. Residential Photovoltaic potential of the Brazilian states

State	Residential photovoltaic potential (MWa)	State	Residential photovoltaic potential (MWa)
São Paulo	7100	Mato Grosso	570
Minas Gerais	3675	Rio Grande do Norte	555
Rio de Janeiro	2685	Piauí	555
Bahia	2360	Mato Grosso do Sul	505
Rio Grande do Sul	1970	Alagoas	505
Paraná	1960	Amazonas	420
Ceará	1430	Distrito Federal	410
Pernambuco	1410	Sergipe	350
Goiás	1220	Rondônia	265
Santa Catarina	1075	Tocantins	255
Maranhão	1020	Acre	110
Pará	1020	Amapá	80
Paraíba	655	Roraima	65
Espírito Santo	595	Brazil	32820

Fonte: EPE, 2014.

Considering the whole country, the potential is 2.3 times higher than consumption. This study of the EPE shows that the area is not a limiting factor for the massive integration of distributed photovoltaic systems in the country. In addition, the future increase in the number of households and the technological development of photovoltaics should raise the estimated potential (Epe, 2014).

The Brazilian potential for solar use, coupled with the current risk of electricity shortages, in a generator park based on large hydro and thermal power plants, serves as motivation to seek alternatives renewable energy.

4. DISCUSSION ON RESOLUTIONS NORMATIVES 482/2012 AND 687/2015 AND THE PERSPECTIVES OF GROWTH OF THE USE OF PHOTOVOLTAIC SOLAR ENERGY IN BUILT ENVIRONMENTS

Following the international development of the photovoltaic sector, the Brazil, although still has small installed capacity, has sought to overcome legal and technical barriers, aiming to insert this source into its energy matrix (Abinee, 2012). The progress made in recent years

include actions from multiple agents in various spheres, highlighting the regulatory, tax, research and development, and economic fomentation. As inference of the current energy model in Brazil and of the inexpressive participation of the country in installed PV capacity in the world, it can be said that, GD, and in particular photovoltaic solar source, is something still incipient and new. Still with regard to GD, it is possible that the greatest progress has occurred due to the regulation of mini and microgenerators with the publication of Normative Resolution 482/2012, which was updated by Normative Resolution 687/2015, both of National Electric Energy Agency (Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL). In short, such normative resolution allows consumers install small generators in their consumer units and inject excess power into the grid in exchange for credits that can be discounted their electrical bills respecting certain periods of time (Brazil, 2012).

In general, the advancement of instalations of photovoltaic systems, especially in DG mode, favors the implementation of photovoltaic technology in Brazil, following a world trend and according to the characteristics of technical potential previously presented. However, before April 2012, there was virtually no legal support for installing this type of system in Brazil, especially regarding the regulation of connection to the electricity distribution network. Even before the publication of this resolution, the distribution companies did not have the technical and legal requirements to allow consumers compounders inject power in the low voltage network. The Electricity Distribution Procedures in the National Electricity System (Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica - PRODIST) were not adapted the figure of consumer-generator, requiring process too bureaucratic and framing projects as if they were accessing the medium voltage network, requiring operational studies for plants with installed capacity of several tens of kW. With the publication of the said Resolution, the module 3.7 of PRODIST (Brazil, 2012) was created and it describes the procedures to access of micro and minigeneration distributed to distribution system.

The enactment of normative resolution 482/2012, the consequent implementation of the Brazilian electric power compensation system and PRODIST modification, created a regulatory possibility for so-called micro and minigeradores, GD agents, and removed it one barrier connection and power generation. At the same time, there were declines in equipment prices in the international market, favoring that the distributed photovoltaic generation gained momentum and consolidating itself as one of the options to consider to the attendance the growing demand of the Brazilian energy market (Abinee, 2012). However, there was no incentive for these generators, excluding the increase in discounts in the Transmission System Usage Tariff (Tarifa de Uso do Sistema de Transmissão - TUST) and Distribution System Usage Tariff (Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição - TUSD) from 50% to 80% in the first ten years of operation of solar power plants that go into operation until 2017 (Brazil, 2012), which have an installed capacity of until 30 MW and which are not classified as micro or mini generator (Brazil, 2015).

Since the publication of these regulations, it can be said that the market has become more dynamic, what gave rise to a number of opportunities on the technology, although it was too early to say the efficiency of the proposed model. There are still some technical, regulatory and economic barriers that prevent the full development of the technology nationwide. One of the difficulties in this beginning of the business development related to photovoltaic GD is little expression of the national industry, insufficient skilled labor and available local companies for the manufacture and installation of equipments. From economic and

regulatory point of view, the adoption of premium tariffs (tarifas-prêmio) is perhaps the greatest incentive to distributed systems but Brazilian law does not potentiates actions in this regard, for the Law 10.848 / 2004 and Decree 5,163 / 2004 does not allow the trading of energy between the consumer and the distributor. Thus, despite the micro and minigeneration distributed be allowed, these are still discouraged by the legal limitations.

In a Public Hearing held by ANEEL in November 2015, the Normative Resolution 687/2015 amending the Normative Resolution 482/2012 was approved. In short, ANEEL has made it easier for people and businesses to generate their own energy from renewable sources (solar, wind, hydro and biomass). This revision brings the main changes described below (Brazil, 2015):

- Establishing of the modalities of remote self-consumption and shared generation, which provided the generation in sites away from the place of consumption (but still in the same area of the electricity distribution company) and for neighbors who want to participate in the power compensation system;
- Compensation possibility of energy credits between headquarters and subsidiaries of business groups;
- DG systems in condominiums (individuals and juridicals);
- Expansion of the maximum power of 1 MW to 5 MW;
- Extension of the duration of electricity credits from 36 months to 60 months;
- Reduction of the deadline of processing of access requests by the distribution companies of eletricity;
- Standardization of access application forms for the entire national territory;
- Submission and tracking new orders of conection over the Internet from 2017.

Furthermore, for the connection of distributed generation technology in existing consumer unit with no need to increase the available power, the distribution companies of eletricity may not require adaptation of the input pattern of the consumer unit due the replacing the existing measurement system, except in the case duly proven of technical impracticability.

The Normative Resolution 687/2015 seeks to meet the appeal of a new consumer market profile, seeking above all encourage the growth of the photovoltaic generation technology in GD mode. The reclassification of micro and mini generators with new power limits, and the possibility of carrying out shared generation, tend to conduct the market and create new businesses. The implementation of these new systems, as well as their integration into the built environment, are notable advances related to the attendance the demands of a new energy paradigm by inserting the DG as a tool to be considered in urban planning.

The normative resolution 482/2012, of ANEEL, as amended by normative resolution 687/2015, inaugurated a new model for the Brazilian electricity system enabling micro and mini distributed generation, approaching Brazilian law of similar practices already adopted in other countries, where the generation renewable is more expressive. However the compensation system currently adopted by legislation, it is little attractive from a financial point of view of the consumer-generator, due the impossibility to sell, in fact, the generated energy and the high cost of installation of DG. There is also the need of energy planning policy more efficient and integrated to the effective development of DG in Brazil through the inclusion of renewable sources in the energy matrix.

5. CONCLUSIONS

Minimize the consumption of natural energy resources, the emissions of greenhouse gases and promote the use of energy from renewable sources consciously and efficiently, all this within a context of broadening of the built environment and of the urbanization processes are characterized as high challenges to urban planners. A feasible possibility is the application of DG, since, the renewable energy sources, with emphasis on solar photovoltaic, due to its low energy content and other particular characteristics of conversion technologies, are able to meet located and small demands so quite efficiently, showing a clear space to be occupied by them.

The normative resolutions 482/2012 of Aneel, institucionalizou a new model for the Brazilian electricity system that allows micro and mini generation distributed, as has already happened in other countries. The normative resolutions REN 687/2015 of ANEEL, changed the scope of micro and minigeneration distributed and brought new perspectives for the sector, with remote self-consumption and also the shared generation characterized by meeting consumers within the same area of concession or permission, through a consortium or cooperative, made up of natural or juridical person who possesses consumer unit in different location of the consumer units in which the excess energy will be compensated. With the enactment of these resolutions, it is expected a increase of use of photovoltaic solar energy in Brazil, as has already been observed. However, the compensation system currently adopted by legislation, is not sufficiently attractive to consumers, because there is no rate parity. The current model is lacking in economic incentives, represented by possibility marketability actual energy generated by micro and mini generators. What is needed is a more efficient energy planning policy with support grants such that enables the integration of renewable sources in the effective development of DG in Brazil.

Therefore, is evident the need for discussion by society and the government on the need to draw up an urban and energy planning more efficient for the development of DG in Brazil, under the context of sustainable cities.

REFERENCES

- Abinee, A. B. I. E. E. 2012. Propostas para Inserção da Energia Solar Fotovoltaica na Matriz Elétrica Brasileira. Site da Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica. Available in <http://www.abinee.org.br/informac/arquivos/profotov.pdf>.
- Aguiar, W. M. 2004. O uso de fontes alternativas de energia como fator de desenvolvimento social para segmentos marginalizados da sociedade. Rio de Janeiro: PPE/UFRJ.
- Alves, J. E., & Cavenaghi, S. 2012. Tendências demográficas, dos domicílios e das famílias no Brasil. Rio de Janeiro: UFRJ.
- Barbosa Filho, W. P., Azevedo, A. C., & Xavier, M. V. 2013. Study of complementarity between wind and hydropower schemes for the state of Minas Gerais. Campinas: I latin hydro power & systems meeting.
- Barbosa Filho, W. P. et al. 2016. Desenvolvimento sustentável e fontes renováveis: uma discussão sobre a matriz elétrica do estado de Minas Gerais. Anais do VI Congresso Brasileiro de Energia Solar. Belo Horizonte: ABENS.
- Brasil, A. N. 2012. Resolução Normativa nº 482/2012. ANEEL.
- Brasil, A. N. 2008. Atlas de energia elétrica do Brasil (3ª ed.). Brasília: ANEEL.
- Brasil, A. N. 2012. PRODIST - SEÇÃO 3.7 – Acesso de micro e minigeração distribuída. Brasília: ANEEL.
- Brasil, A. N. 2015. Resolução Normativa N° 685/2015. Brasília: ANEEL.

- Calil, L. E. 2016. Vários Aspectos do Meio Ambiente. Available in <<http://www.mundodosfilosofos.com.br/lea14.htm>>
- Cerqueira, G. A. 2015. Boletim Legislativo nº 27, de 2015 - A Crise Hídrica e suas Consequências. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado.
- Epe, E. P. E. 2014. Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil - Condicionantes e Impactos. Rio de Janeiro.
- Epe, E. P. E. 2014. Série Estudos Econômicos. Nota Técnica DEA 12/14: cenário econômico 2050. Plano Nacional de Energia 2050. Rio de Janeiro: EPE.
- Eyt, E. 2008. Brasil Sustentável: Potencialidades do mercado habitacional. *Ernest & Young Terco*.
- Hosenuzzaman et al. 2015. Global prospects, progress, policies, and environmental impact of solar photovoltaic power generation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol 15. P. 284–297.
- Ibge, I. B. G. E. 2008. Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação. From IBGE – População, available in <http://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>.
- Pereira, E. B et al. 2006. Atlas Brasileiro de Energia. São José dos Campos: INPE.
- São Paulo, S. d. 2016. Ambiente Construído. Retrieved maio 9, 2016, from CVS - Centro de Vigilância Sanitária. Available in <http://www.cvs.saude.sp.gov.br/apresentacao.asp?te_codigo=18>.
- São Paulo, S. M. 2011. Construindo Cidades Sustentáveis - Síntese do C40 São Paulo Climate Summit 2011. O. Massambani, Ed. São Paulo: USP.
- Silva, L. M. et al. 2015. Estimativa do potencial de complementaridade entre fontes renováveis para o Estado de Minas Gerais. Links 2015 - ligações entre o consumo de energia, alimentos e água no Brasil, no contexto das estratégias de mitigação das mudanças climáticas. Florianópolis: Unisul.
- Sousa Júnior, W. C. 2006. Influência da meteorologia nas decisões econômicas e ambientais. Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia, 30, 11-14.
- Turney, D., & Fthenakis, V. 2011. Environmental impacts from the installation and operation of large-scale solar power plants. *Journal Elsevier*. Vol 15, p. 3261–3270.



The importance of vernacular strategies for a climate responsive building design

Jorge Emanuel Pereira Fernandes

University of Minho, C-TAC Research Centre, Guimarães, Portugal

jepfernandes@me.com

Ricardo Mateus

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal

ricardomateus@civil.uminho.pt

Helena Gervásio

University of Coimbra, ISISE research center, Civil Engineering Department, Coimbra, Portugal

hger@dec.uc.pt

Sandra Monteiro Silva

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal

sms@civil.uminho.pt

Luís Bragança

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal

braganca@civil.uminho.pt

ABSTRACT: In the evolution of vernacular buildings, different strategies have been developed for their adaptation to the surrounding environment. The climate-responsive strategies implemented in vernacular architecture from different regions have the potential for being further developed and could be adapted in answer to contemporary needs. Therefore, based on the need of designing buildings adapted to a specific climate and territory, it is pertinent to study vernacular buildings in order to develop and integrate their design strategies in the up-to-date construction context, contributing to its sustainability. The aim of the paper is to address the correlation between Portuguese vernacular architecture and the different types of climate of the country, highlighting the advantages of a climate responsive building design. Based on several surveys on Portuguese popular architecture, this research work classified and identified the main bioclimatic strategies, mapping and relating them to their specific climate. The results of the study can be used to make a proposal for the retrofitting of vernacular constructions with bioclimatic strategies and to adapt these strategies to new buildings.

Keywords *Vernacular Architecture, Bioclimatic, Solar Passive, Sustainable Building.*

1. INTRODUCTION

After a period of a construction context based on industrial materials and relying mainly on mechanical systems to provide healthy and comfortable conditions for occupants, the rise of an environmental awareness has started to change the sector towards another paradigm. Thus, nowadays, topics such as comfort, energy and environmental impacts are inseparable from building design. The definition of ambitious targets on buildings energy performance, as the defined by the European Union (EPBD 2010), implies giving relevance to passive strategies that take advantage of available endogenous resources in order to reduce consumption and the dependency on non-renewable energy.

On the topic of passive strategies, vernacular architecture is a type of construction that should be studied, since it is characterized by having an intrinsic relation with local conditions. Thus, through generations across the world, diverse vernacular building techniques and forms have been developed and improved in order to better respond to different climate constraints (Lau et al. 2007; Singh et al. 2009). According to several authors, vernacular architecture could contribute towards reducing waste and energy consumption through the use of passive solar design, traditional techniques, and local materials, which were developed in accordance with a specific territory and climate (Fernandes et al. 2013; Kimura 1994; Singh et al. 2011). The relevance of vernacular features is still valid today being now the basis of sustainable building design (Cañas & Martín 2004; Cardinale et al. 2013).

Portugal is a diverse territory, there are many different manifestations of vernacular constructions and, consequently, different strategies have been developed for their adaptation to the surrounding environment. From north to south, and from the interior to the coast, buildings change in order to accommodate different strategies that serve different ways of living in specific territories. Therefore, based on the need of designing buildings adapted to a specific climate and territory, it is worthy to study Portuguese vernacular buildings in order to develop and integrate their design strategies in the up-to-date construction context.

The aim of the paper is to address the correlation between Portuguese vernacular architecture and the different types of climate of the country, highlighting the advantages of taking into consideration these strategies on a climate responsive building design. The results of the study can be used to make a proposal for the retrofitting of vernacular constructions with bioclimatic strategies and to adapt these strategies to new buildings.

2. METHODOLOGY

The research methodology of this study is based on case studies, using a deductive approach and qualitative analysis for climatic-responsive strategies used in Portuguese vernacular architecture. The data on vernacular strategies was collected from the main surveys on Portuguese popular architecture (AAVV 1988; Oliveira & Galhano 1992). This paper focuses on some case studies located along the mainland Portuguese territory. To relate the use of certain vernacular strategies to specific local climate conditions, examples of different strategies were chosen and mapped. The comparative analysis was established overlapping the strategies points on different climate maps from the Iberian Climate Atlas

(AEMET & IM 2011). The graphical analysis allowed understanding the relation between strategies purpose and the surrounding climate.

3. CLIMATE AND GEOGRAPHY IN MAINLAND PORTUGAL

Mainland Portugal is located between latitudes 37°N and 42°N in the transitional region between the sub-tropical anticyclone zone and sub-polar depression zone. Besides latitude, the most important features affecting the climate of the territory are orography and the influence of the Atlantic Ocean (Santos et al. 2002). With regard to geographic relief, the highest peaks rise to a height of 1000–1500 m, except for the Estrela Mountains, which highest point is just below 2000 m. Even though it is a small country, Portugal is a territory of contrasts. In spite of the fact that the variation in climate factors is rather small, it is sufficient to justify significant variations in air temperature and rainfall (Santos et al. 2002).

The mainland has a temperate climate – Type C, according to Köppen climate classification (AEMET & IM 2011). The territory is divided into two sub-types of climate: i) The northern part and almost all of the west coast have a climate sub-type Csb, characterised by rainy winters and hot and dry summers. Annual average mean temperature for the majority of this zone is of 15°C, being of 10°C in the highest points. The highest values for annual average rainfall are above 2200 mm in the mountainous areas of north-eastern Portugal (Serra do Gerês) (AEMET & IM 2011); ii) The inland southern Portugal has a Mediterranean climate, sub-type Csa, hot and dry during summer. In summer, the mean values for maximum air temperature vary between 32 and 35 °C, reaching sometimes maximum temperatures of 40 °C or 45 °C, being July and August being the hottest months. The annual average rainfall is below 500 mm, and July is the driest month (below 5 mm) (AEMET & IM 2011).

4. BIOCLIMATIC STRATEGIES IN PORTUGUESE VERNACULAR ARCHITECTURE

Vernacular architecture is strongly influenced by its geographical location. Due to the close relation with local conditions, vernacular buildings have different characteristics from region to region. From all the geographical constraints, one of the most relevant is undoubtedly the climate. The diversity of the Portuguese territory promoted a profuse variety of vernacular architecture types. Nonetheless, in general, it can be stated that the northern part has harsher winter conditions, milder summers and higher annual average rainfall, while the southern part is the opposite, with mild winter, harsh summer conditions and lower values for rainfall (Fernandes, Pimenta, et al. 2015). To suit these climatic conditions, Portuguese vernacular architecture developed specific mitigation/adaptation strategies, as shown below.

4.1 Promotion of solar heat gains

From north to south people knew the importance of taking advantage of a good solar exposure of their buildings. Nevertheless, vernacular strategies to promote solar heat gains are more visible in the northern part of the country, as shown in Figure 1. The main reason for this is that winter is the most demanding season in the region. Therefore,

considering that the main energy source to heat these buildings was wood, it is easy to understand that all the free heat from the sun is welcome.

These concerns are visible since the urban settlement, frequently implanted in valleys and on south-facing slopes, seeking simultaneously to maximise solar gains and protection from the wind. At the building's scale, the most widespread strategy is the correct solar orientation, with the main rooms facing the south quadrant. However, the strategy that takes more advantage of solar radiation is the glazed balcony. The glazed-balconies are a feature of the architectonic identity of the northern interior part of the country (Fig. 1b). The balconies are usually facing between south and west so that they can capture in winter the most intense radiation during the higher number of hours of sunshine while affording the best shelter from the prevailing winds (AAVV 1988). In a sunny winter day, the use of this strategy allows to considerably increase indoor air temperature, reducing energy demand for heating (Fernandes, Pimenta, et al. 2015).

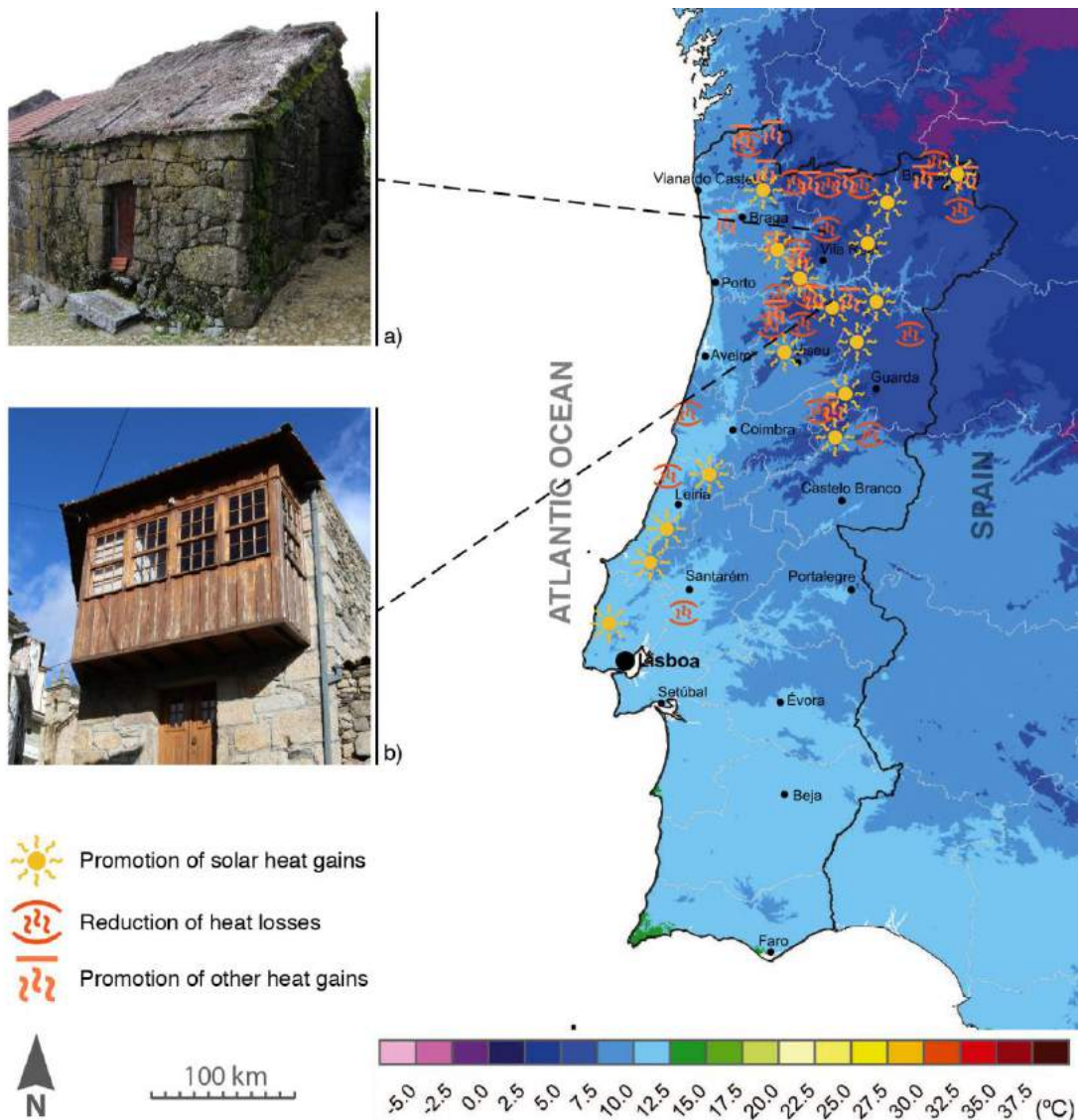


Figure 1. Map of mean air temperature during the winter season in Portugal, showing the points where strategies for promoting heat gains and reducing heat losses are placed. a) Thatched construction; b) glazed-balcony building. Map adapted from (AEMET & IM 2011).

4.2 Reduction of heat losses / Promotion of other heat gains

In addition to the previous strategy, buildings usually also used other strategies to face cold winters such as reducing indoor heat losses and promoting other heat gains. As seen before, these strategies are also more concentrated in the northern part, being concomitant in many cases.

To reduce indoor heat losses, buildings in mountainous areas had commonly thatched roofs (Fig. 1a). This coating ensures simultaneous protection against rain and some thermal insulation. The straw used for thatching was a waste product from the cultivation of rye, a cereal crop more present in mountainous areas. Additionally, such constructions also have a limited number of windows to avoid heat losses, usually very small, and a low ceiling, which allows to quickly warm up the indoor air.

This concern is also evident in the functional arrangement of the indoor spaces. For example, bedrooms rarely have windows to the exterior and are located next to the kitchen, taking advantage of the heat from the fireplace. In this region, it was also common for cattle to be stabled on the ground floor of the dwelling in order to take advantage of the animals' body heat.

4.3 Passive cooling / minimise heat gains

In opposition to the previous strategies, passive cooling strategies are more concentrated in the south of the country, as shown in Figure 2. The intense summer heat in the south has forced vernacular buildings to develop strategies to minimise heat gains and to promote cooling (Fig. 2). With this purpose, several techniques were developed, such as: reducing the size of windows and doors; the use of high thermal inertia building systems; the use of light colours in order to reflect solar radiation; overnight cooling through natural ventilation; and the use of patios (courtyards).

By minimising the size and number of openings in the envelope, the amount of incident radiation that passes through windows is reduced. The use of small windows also allows that the opening in the wall to act as a shading system.

The use of light colours for the building envelope, mainly whitewashed surfaces (Fig. 2b), reduces heat gains by acting as a radiation reflector, reflecting about 90% of the incident radiation (Oliveira & Galhano 1992; Koch-Nielsen 2002).

From these strategies, the heavy walls made of rammed earth should be highlighted. It is the most widespread vernacular construction technique in the Alentejo region (AAVV 1988). The heavy mass that characterizes earthen constructions allows them to respond appropriately to the hot summer of Alentejo (the major area of all the southern part of Portugal). The good heat storage capacity of rammed-earth walls dampens the outdoor thermal wave keeping indoor temperature and relative humidity stable (Fernandes, Pimenta, et al. 2015; Martín et al. 2010).

The overnight cooling through natural ventilation is particularly useful in hot climates to remove the thermal loads stored during the day. This strategy is promoted in the buildings through the use of small ventilation openings above windows (Fig. 2c) or grid screens similar to the *mashrabiya*. These small openings foster air circulation in the building generating a cooling effect without compromising safety and privacy. This

strategy involves occupant's action and it is important to ensure thermal comfort conditions throughout the day.

The courtyard (*patio*) is very common in urban contexts and has revealed to have a large influence on the creation of a microclimate near to the building (Fig. 1a). The presence of vegetation and fountains in the *patio* is useful to cool the air through evapotranspiration and water evaporation, respectively. A recent study has demonstrated that during a summer period air temperature in the *patio* remained lower than those recorded for the city centre, with a maximum difference of around 9°C during heat peaks (Fernandes, Mateus, et al. 2015).

The combination of all these strategies allows to achieve indoor thermal comfort conditions during summer season only by passive means, as demonstrated in recent studies (Fernandes, Mateus, et al. 2015; Fernandes, Pimenta, et al. 2015)

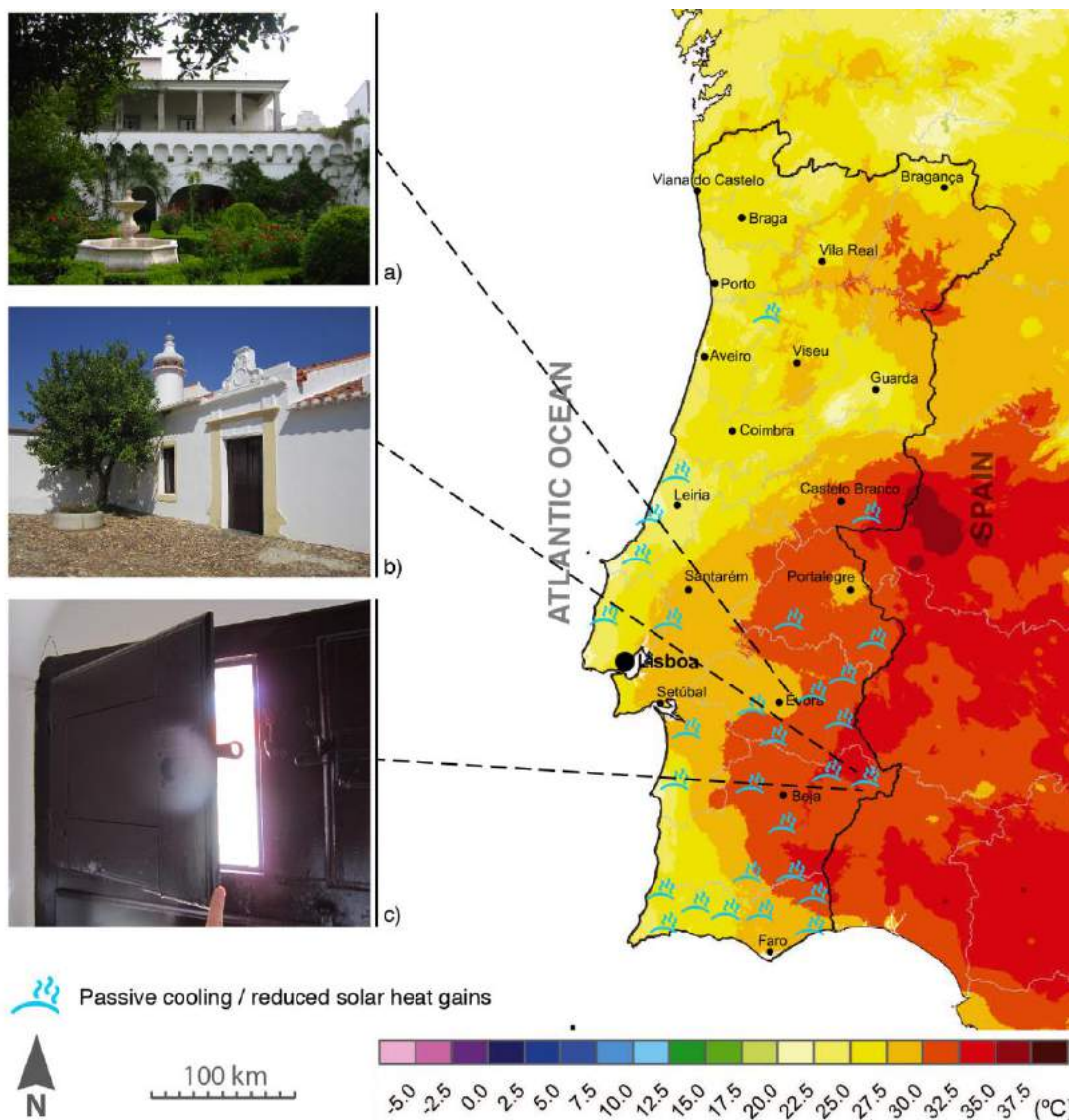


Figure 2. Map of average maximum air temperature during summer season in Portugal, showing the points where strategies for reducing heat gains and promoting passive cooling are placed. a) building with a courtyard (*patio*); b) whitewashed rammed-earth building; c) ventilation window.

Map adapted from (AEMET & IM 2011).

4.4 Rainwater harvesting

In Portuguese vernacular architecture, there are multiple examples of rainwater harvesting and use, either for domestic consumption and agriculture purposes. Most of the examples are located in areas where water resources are scarce or difficult to access, as shown in Figure 3. The abundance of water in some regions of the country, as the northwest, can justify the absence of examples (Fig. 3). However, this is not always true, as it will be explained later. To minimize the lack of water, people developed simple harvesting and water storage systems necessary for their subsistence. In addition to its function, it must be emphasized the architectural integration of these systems.

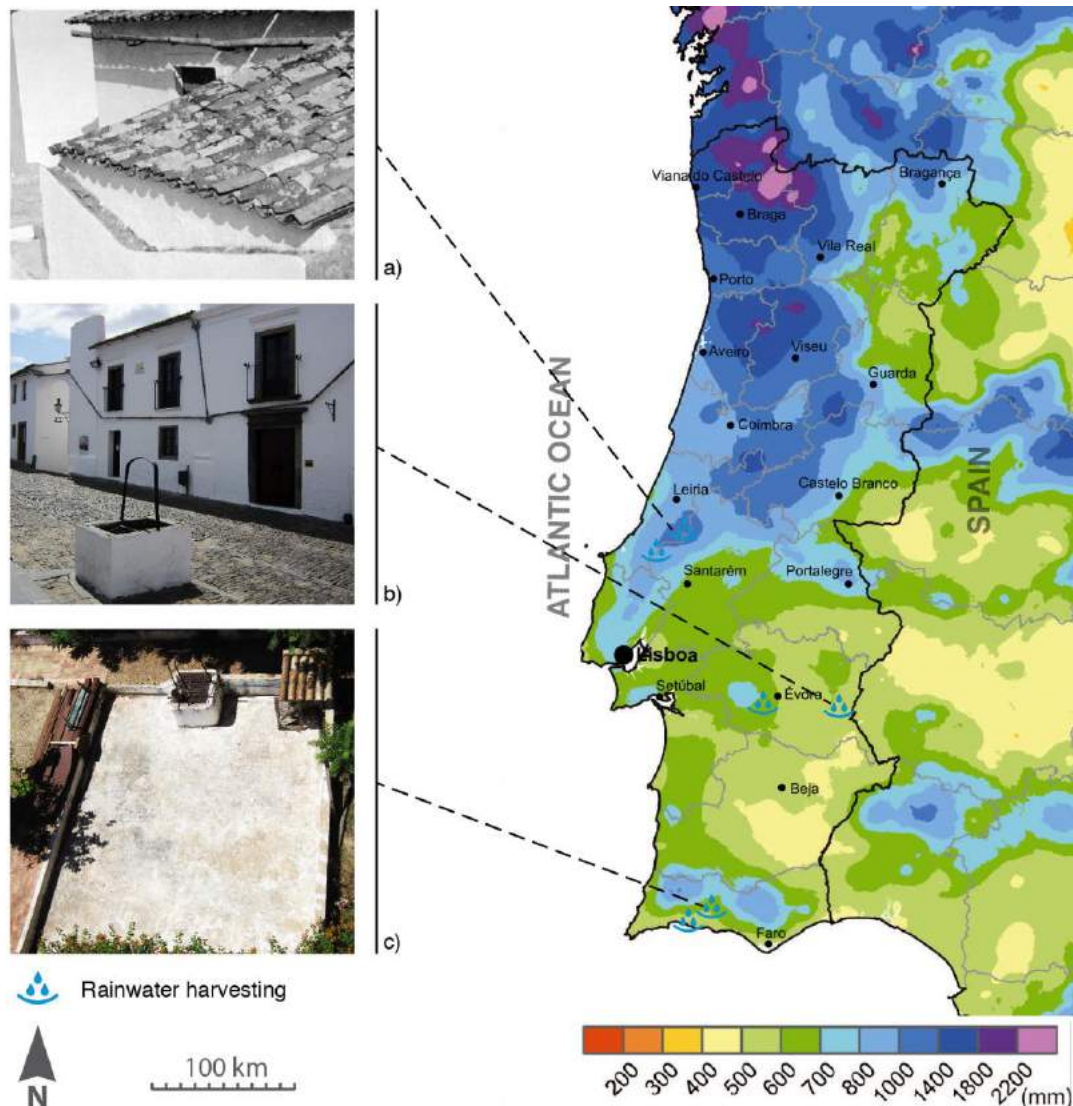


Figure 3. Map of average total annual precipitation in Portugal, showing the points where strategies for rainwater harvesting are placed. a-b) Gutter system that leads water to a cistern (image "a" source: (AAVV 1988); c) whitewashed floor for rainwater collection and cistern's access point. Map adapted from (AEMET & IM 2011)

The Estremadura mountains have the highest levels of rainfall in this region (Fig. 3) - a bit similar to what happens in the northwest, mountain acts as a barrier to the winds from the sea that bring the rain (AAVV 1988). But, ironically, due to the permeability of limestone

soil of this zone, is where water is more scarce (AAVV 1988). To address this problem, population needed to collect rainwater in cisterns through interesting gutter systems (Fig. 3a). The water tank was an essential element of houses in this area.

The village of Monsaraz due to the fact of being on a top of a cliff has water shortages. This shortage has led to the inhabitants to provide their homes with a gutter system to collect rainwater (Fig. 3b) that was conducted into a large cistern below the castle, ensuring the provision for the whole village (AAVV 1988).

The low rainfall that occurs in most of the Algarve territory led populations to provide their houses with rainwater harvesting systems for domestic use similar to the previously mentioned. For this purpose they built gutters under the eaves, or inserted them in the walls themselves, leading the water to a cistern. When the water collected from the roof was not enough they also resort to the threshing floor to greatly increase the harvest area (Fig. 3c). The threshing floor is covered with tiles and has several slopes that conduct the water to a small hole, which communicates with the cistern, as illustrated by the example in Figure 3c. Another point worthy of note is the confinement of the threshing floor by small low walls and the abundant whitewashing of the entire ground surface to nullify the natural acidity of rainwater (AAVV 1988).

5. DISCUSSION AND CONCLUSIONS

The bioclimatic strategies found in Portuguese vernacular architecture, some of them featured in this paper, reveal a close relation with the local climate. From the examples shown it is clear the division of the country and the purpose of the main strategies according to climate. In addition, the strategies show effectiveness in mitigating the adverse effects of those climates.

Regarding the glazed-balconies found in northern Portugal, the solar orientation to the south quadrant allows them to be a privileged and effective element to capture solar gains and also to prevent heat losses. Considering the results obtained in a recent study (Fernandes, Pimenta, et al. 2015), the balconies are architectural elements that can have a positive impact on the optimization of the passive behaviour of buildings by reducing their energy needs for heating.

Thatch had been used for a long time in the north, mainly in mountainous areas with rye crops. It has the advantages of being a natural material, low cost, with a good performance against natural elements, such as rain and snow, as well as insulation properties. The latter is particularly useful to mitigate the harsh cold season. In Portugal, this technique fell into disuse, yet has good potential to be used in contemporary times, as in other countries.

From the analysis of the passive cooling strategies used in vernacular architecture located in the south, it is possible to conclude that the use of a combined set of passive strategies has an adequate response to the intense summer heat. Recent studies have demonstrated that the combination of passive cooling strategies allowed ensuring thermal comfort conditions just by passive means, without the use of any mechanical cooling system (Fernandes, Mateus, et al. 2015; Fernandes, Pimenta, et al. 2015). The adoption of such

strategies in buildings from this region can greatly contribute to reducing energy needs for cooling and therefore to reduce energy use.

The rainwater harvest in Portuguese vernacular architecture is paradigmatic due to the numerous examples for capturing and storing water. Although the vast majority of examples were located in areas with scarce water resources, the case of Estremadura mountains is a good example of the opposite. From this example is possible to verify that beyond the climate many other factors influence the architectonic form. Currently, there are already plenty of rainwater harvesting systems developed, but the greatest potential that withdraws from the vernacular examples is the architectural integration capabilities of these systems.

Taking into consideration the results presented in this study, it can be stated that climate-responsive passive strategies used in vernacular architecture to mitigate the effects of climate, due to their simplicity and pragmatism, have significant potential to be improved and adapted to contemporary construction.

Therefore, this is an on-going research work that intends to develop more detailed and comprehensive data on vernacular strategies, in order to be useful for architects and engineers involved in the development of climate-responsive and energy-efficient buildings.

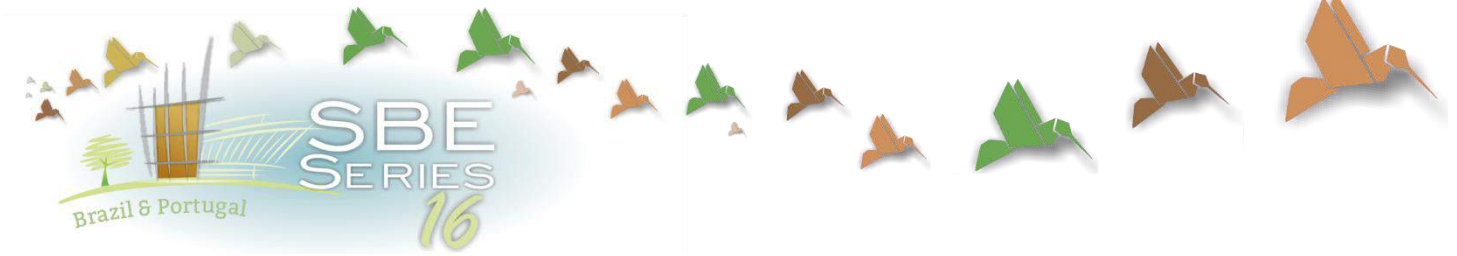
6. ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to acknowledge the support granted by the Portuguese Foundation for Science and Technology (FCT), in the scope of the Doctoral Program Eco-Construction and Rehabilitation (EcoCoRe), to the Ph.D. scholarship with the reference PD/BD/113641/2015 that was fundamental for the development of this study.

REFERENCES

- AAVV, 1988. *Arquitetura Popular em Portugal* 3rd ed., Lisboa: Associação dos Arquitectos Portugueses.
- AEMET & IM, 2011. *Atlas Climático Ibérico: Temperatura do Ar e Precipitação (1971-2000)/Iberian Climate Atlas: Air Temperature and Precipitation (1971/2000)* AEMET & IM, eds., Available at: http://www.ipma.pt/resources.www/docs/publicacoes.site/atlas_clima_iberico.pdf.
- Cañas, I. & Martín, S., 2004. Recovery of Spanish vernacular construction as a model of bioclimatic architecture. *Building and Environment*, 39(12), pp.1477–1495. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2004.04.007> [Accessed March 7, 2013].
- Cardinale, N., Rospi, G. & Stefanizzi, P., 2013. Energy and microclimatic performance of Mediterranean vernacular buildings: The Sassi district of Matera and the Trulli district of Alberobello. *Building and Environment*, 59(null), pp.590–598. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.10.006> [Accessed March 7, 2013].
- EPBD, 2010. *Directiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho de 19 de maio de 2010 relativa ao desempenho energético dos edifícios (reformulação)*, Estrasburgo. Available at: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:PT:PDF>.
- Fernandes, J., Pimenta, C., et al., 2015. Contribution of Portuguese Vernacular Building Strategies to Indoor Thermal Comfort and Occupants' Perception. *Buildings*, 5(4), pp.1242–1264. Available at: <http://www.mdpi.com/2075-5309/5/4/1242/html>.
- Fernandes, J., Mateus, R., et al., 2015. Portuguese vernacular architecture: the contribution of vernacular materials and design approaches for sustainable construction. *Architectural Science Review*, 58(4), pp.324–336. Available at:

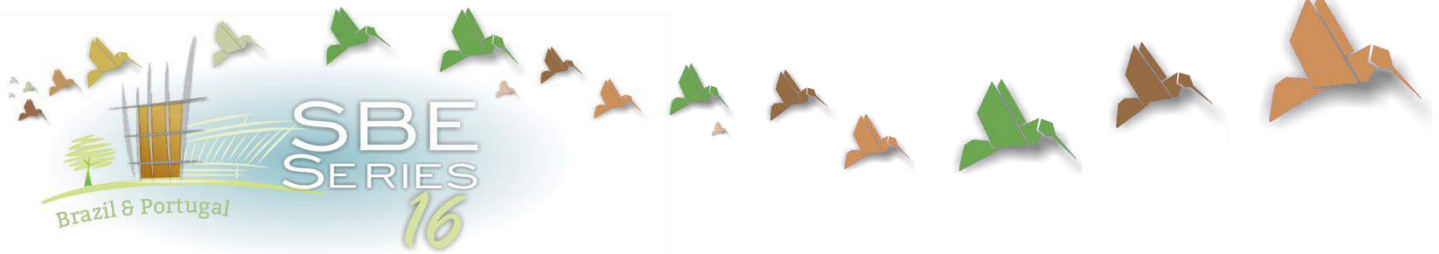
- <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00038628.2014.974019#.VehSzukosf8> [Accessed July 23, 2015].
- Fernandes, J., Mateus, R. & Bragança, L., 2013. The contribute of using vernacular materials and techniques for sustainable design. In *International Conference on Vernacular Heritage and Earthen Architecture: CIAV2013 | 7ATP | VerSus*. Vila Nova da Cerveira, Portugal: CRC Press / Balkema.
- Kimura, K., 1994. Vernacular technologies applied to modern architecture. *Renewable Energy*, 5(5-8), pp.900–907. Available at: [http://dx.doi.org/10.1016/0960-1481\(94\)90110-4](http://dx.doi.org/10.1016/0960-1481(94)90110-4) [Accessed March 15, 2013].
- Koch-Nielsen, H., 2002. *Stay Cool: A Design Guide for the Built Environment in Hot Climates*, London: Earthscan.
- Lau, C.C.S., Lam, J.C. & Yang, L., 2007. Climate classification and passive solar design implications in China. *Energy Conversion and Management*, 48(7), pp.2006–2015. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman.2007.01.004> [Accessed March 17, 2013].
- Martín, S., Mazarrón, F.R. & Cañas, I., 2010. Study of thermal environment inside rural houses of Navapalos (Spain): The advantages of reuse buildings of high thermal inertia. *Construction and Building Materials*, 24(5), pp.666–676. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2009.11.002> [Accessed March 7, 2013].
- Oliveira, E.V. & Galhano, F., 1992. *Arquitectura Tradicional Portuguesa*, Lisboa: Publicações Dom Quixote.
- Santos, F.D., Forbes, K. & Moita, R. eds., 2002. *Climate change in Portugal. Scenarios, Impacts and Adaptation Measure — SIAM Project*, Lisbon: Gradiva.
- Singh, M.K., Mahapatra, S. & Atreya, S.K., 2009. Bioclimatism and vernacular architecture of north-east India. *Building and Environment*, 44(5), pp.878–888. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2008.06.008> [Accessed February 28, 2013].
- Singh, M.K., Mahapatra, S. & Atreya, S.K., 2011. Solar passive features in vernacular architecture of North-East India. *Solar Energy*, 85(9), pp.2011–2022. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.solener.2011.05.009> [Accessed March 9, 2013].



Chapter 2

Nearly zero and positive energy built environments

SBE16 Brazil & Portugal
Sustainable Urban Communities towards a Nearly Zero Impact Built Environment
ISBN: 978-85-92631-00-0



A Portuguese study on building renovation towards a nearly zero energy building (nZEB)

Ana Mestre

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal
b7135@civil.uminho.pt

Manuela Almeida

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal
malmeida@civil.uminho.pt

Muriel Iten

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal
murieliten@civil.uminho.pt

ABSTRACT: The social and environmental urgency of large-scale integrated retrofitting of the European residential building stock is widely acknowledged and supported by all Member States. However, the European building sector is currently still not able to offer an integral solution for deep renovation toward nearly Zero Energy Building (nZEB) for reasonable costs. MORE-CONNECT project aims to tackle this issue by developing cost optimal solutions to renovate buildings towards nZEB. In this project, the optimal solutions include the development of prefabricated, multifunctional renovation elements for the total building envelope (façade and roof) and installation/building services. This paper presents the first stage of the project, namely the analysis and comparison of three scenarios following the current national requirements in Portugal i) 80% reduction of the current primary energy consumption of the building, ii) cost optimal solution (nZEB) and iii) net zero energy (NZEB). The optimization of the building envelope will be the main driver for the three scenarios as well as the inclusion of renewable energy strategies. Overall, results suggest that it is possible to achieve cost-effective solutions for the renovation of Portuguese residential buildings. Moreover, the cost-optimal solution (scenario ii) matches approximately with the 80% reduction of energy scenario (scenario i).

Keywords *Building renovation, energy performance of buildings, cost optimal, nZEB, ZEB.*

1. INTRODUCTION

The building sector accounts for almost 40% of the total energy consumption in the European Union (World Business Council for Sustainable Development, 2008). This fact is widely acknowledged by the Member States and many regulations are now in force to tackle the reduction of energy consumption and greenhouse gas (GHG) emissions in new constructed buildings. However, since the replacement rate of existing buildings by the new-build is only around 1-3% per year (Ma et al., 2012), the highest potential for energy reductions lies in the existing building stock. The majority of the European building stock was constructed before 1960 (Buildings Performance Institute Europe, 2011), when there was no energy efficiency regulations, which makes of energy efficient retrofitting the fastest solution to strongly reduce energy consumption in the built environment. However, for this approach to be effective, European buildings have to be retrofitted to high energy performance levels in a cost-effective way. Buildings retrofitted today will still be in use 40 years from now. On the other hand, the rates of retrofitting across Europe are also very low and, in order to reach the goals of 2050 to reduce greenhouse gas (GHG) emissions in the building sector, it is necessary to quickly improve the volume of renovation. One of the reasons for the slow development of the European building renovation sector is its inability to offer an integral solution for deep renovation towards nZEB for reasonable costs. MORE-CONNECT project aims to tackle this issue by developing cost optimal solutions to renovate buildings towards nZEB. To develop these solutions, it is essential to conduct thorough energy, environmental and economic studies in the early design phase of a renovation. The present study focus on the first stage of the project, through the simulation of three different renovation scenarios for the Portuguese case study building and according to current national requirements. It analyses and compares the energy performance of the building on three levels: i) 80% reduction of the current primary energy consumption of the building, ii) cost optimal solution (nZEB) and iii) net zero energy (NZEB). The approach gives priority to the optimization of the building envelope, although solutions for the heating and cooling systems are also developed. Furthermore, renewable energy production is considered as a fundamental element to achieve highest levels of reduction of GHG emissions and the sustainability of the built environment. To achieve cost-effective solutions, cost-optimal method is used.

2. METHODOLOGY

The calculation for the energy performance of the building follows the Portuguese regulation for the energy performance of residential buildings (REH, Decree-Law 118/2013). In order to reach the different energy scenarios it is necessary to select renovation measures that are able to reduce the heat losses during winter, avoid excessive heat gains during summer and improve the efficiency of the heating/cooling systems. Additionally, renewable energy production must be considered in order to reduce GHG emissions. Following the priority of the MORE-CONNECT project, the main focus is to improve the energy performance of the building envelope, by improving the insulation levels of the walls, roof, floor and windows. The selected Portuguese case study building is representative of the national building stock of multifamily buildings built between 1991 and 2012.

Firstly, the current energy performance of a single apartment is calculated along with the impact of the maintenance measures that the building shall have in order to maintain its structural integrity (baseline scenario). Furthermore, the impact of the different packages of the proposed renovation measures (Section 2.1) is calculated to analyse the performance of the apartment in terms of non-renewable primary energy needs for heating, cooling and domestic hot water (DHW). Thus, the global costs for a 30 year period for the baseline scenario and for each renovation package is calculated. The global costs include the investment and the annual costs (running and maintenance costs). The cost-optimal analysis of the present study follows the methodology of the Commission Delegated Regulation N°244/2012 in order to determine the cost optimal level. The analysis is focused on the private perspective which considers the discount rates and does not include the carbon dioxide emissions costs (European Commission, 2012). The discount rate considered in this study is 6%. The investment and maintenance costs are based on a price generator tool, the Cype® software. No incentives are included in the calculations. The evolution of energy prices for the period under study (2016-2046) follows the Energy Roadmap 2050 (European Commission, 2011).

The non-renewable primary energy and global cost for each package are then compared and analysed against the baseline scenario, and the cost-optimal (lowest cost) for each system solution to cover the heating, cooling and DHW needs is identified and further discussed.

2.1 Renovation packages

In order to optimize the building envelope, renovation measures with regards to the insulation of the exterior walls and roof, and the improvement of the energy performance of the windows are analysed. Five renovation packages, which consider different system solutions to cover the heating, cooling and DHW needs, are also analysed. Each of the five scenarios (A, B, C, D, E) presents different combinations of insulation levels for the exterior walls/roof and windows with higher performance than the current ones. Tables 1-5 present the description of each renovation package.

Table 1. Scenarios for renovation package 1

Renovation Package 1					
Building element	Scenarios				
	A	B	C	D	E
Exterior walls	EPS* 20	EPS 40	EPS 60	EPS 80	EPS 100
Roof	RW** 30	RW 40	RW 50	RW 60	RW 80
Windows	PVC frame 4:16:6; U=2.7 W/m ² .K; g=0.75				
Heating/cooling system	Multi-split				
DHW system	Gas heater				

*EPS - Expanded polystyrene

**RW - Rock Wool

Table 2. Scenarios for renovation package 2

Renovation Package 2					
Building element	Scenarios				
	A	B	C	D	E
Exterior walls	EPS 20	EPS 40	EPS 60	EPS 80	EPS 100
Roof	RW 30	RW 40	RW 50	RW 60	RW 80
Windows	PVC frame 4:16:6; U=2.7 W/m ² .K; g=0.75				
Cooling system	Multi-split				
Heating/DHW system	Biomass boiler				

Table 3. Scenarios for renovation package 3

Renovation Package 3					
Building element	Scenarios				
	A	B	C	D	E
Exterior walls	EPS 20	EPS 40	EPS 60	EPS 80	EPS 100
Roof	RW 30	RW 40	RW 50	RW 60	RW 80
Windows	PVC frame 4:16:6; U=2.7 W/m ² .K; g=0.75				
Cooling system	Multi-split				
Heating/DHW system	Gas boiler				

Table 4. Scenarios for renovation package 4

Renovation Package 4					
Building element	Scenarios				
	A	B	C	D	E
Exterior walls	EPS 20	EPS 40	EPS 60	EPS 80	EPS 100
Roof	RW 30	RW 40	RW 50	RW 60	RW 80
Windows	PVC frame 4:16:6; U=2.7 W/m ² .K; g=0.75				
Heating/cooling/DHW system	Heat pump				

Table 5. Scenarios for renovation package 5

Renovation Package 5					
Building element	Scenarios				
	A	B	C	D	E
Exterior walls	EPS 20	EPS 40	EPS 60	EPS 80	EPS 100
Roof	RW 30	RW 40	RW 50	RW 60	RW 80
Windows	PVC frame 4:16:6; U=2.7 W/m ² .K; g=0.75				
Heating/cooling system	Multi-split				
DHW system	Solar thermal + electric water heater				

3. PORTUGUESE CASE STUDY BUILDING

The Portuguese case study building is a social housing neighbourhood located in the municipality of Vila Nova de Gaia (North of Portugal). It is a multi-family building (1414 m²), constructed in 1997. The building includes three separate blocks, each with three floors, corresponding to six apartments (a two-bedroom and a three-bedroom per floor). In total,

the building includes eighteen apartments. The front view of the building and its floor plan are displayed in Figure 1 and Figure 2, respectively.



Figure 1 - Main façade of the building.

The building is facing west. It includes a pitched roof with ceramic tiles (3 cm of insulation), double pane masonry walls without thermal insulation and aluminium frames with double glazing without thermal break. The domestic hot water is provided through a gas heater for each apartment and there is no heating or cooling system installed in the building. Table 6 presents the thermal transmittances of the building envelope.

Table 6. Thermal transmittances of the building envelope

Building element	Thermal transmittance	
	W/m ² .K	
Exterior walls	0.96	
Roof	0.91	
Floor	0.78	
Windows	3.60	

In order to simplify the analysis, the calculations are undertaken for one two-bedroom apartment (59.96 m²), which is located on the top floor of the building and for which the majority of the external walls are exposed to north (Fig. 2). This apartment is selected as it shows the worse thermal performances of the building, due to its location below the roof and the poor solar exposure.

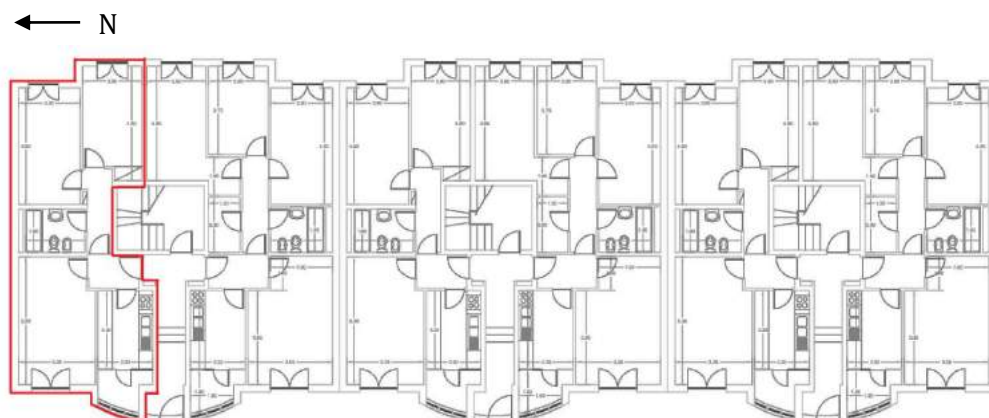


Figure 2 - Floor plan of the building with the selected apartment for the calculations of the scenarios

4. RESULTS

In this section, the results are presented for the simulation of the different renovation packages of the case study apartment. The results are compared with the baseline scenario which includes only the maintenance measures. Figure 3 shows the non-renewable primary energy consumption and the global costs for the baseline scenario and for the different renovation packages under analysis.

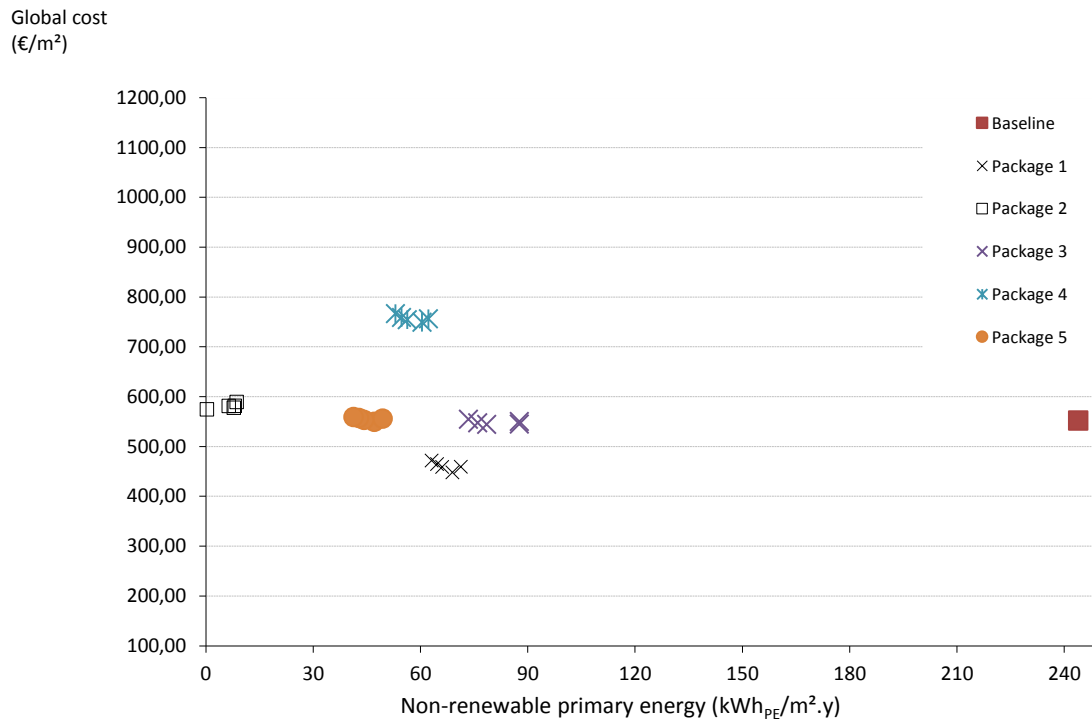


Figure 3. Non-renewable primary energy consumption and global cost of each renovation package

The results show that the renovation packages 3 and 5 present nearly the same global annual costs (544-559 €/m²) as the baseline (552 €/m²), however, present significantly lower energy performances: 73.4-87.6 kWh_{PE}/m².y (package 3) and 41.3-49.4 kWh_{PE}/m².y (package 5). These solutions represent a reduction on the non-renewable primary energy from 64-70% (package 3) and 79-83% (package 5). Package 4 presents the highest global costs of all packages, varying from 749 to 766 €/m², although it presents a non-renewable primary energy between 53 and 60.5 kWh_{PE}/m².y, with reductions of more than 70%. The higher cost of this package is explained by the high investment cost of the heat pump. The highest reduction in the non-renewable primary energy consumption (96.5-99.9%) is achieved with the renovation package 2, that includes the use of a biomass (pellets) boiler for heating and DHW, combined with the multi-split for cooling. It presents global costs between 574 and 589 €/m² and an expected non-renewable primary energy consumption between 0.3 and 8.6 kWh_{PE}/m².y. This was expected due to the use of renewable energy (biomass) and the high efficiency of the multi-split. The lowest global costs are achieved with renovation package 1, which combines a multi-split for heating and cooling and a gas heater for DHW. It presents global costs between 448 and 471 €/m² and reductions between 71 and 74% of the non-renewable primary energy (63-71 kWh_{PE}/m².y). The low global costs are explained by the low investments of both the gas heater and the multi-split, when compared to other technologies such as the heat pump. From these results, renovation package 1 can be regarded as the nZEB solution, due to its lowest global cost

(investment and energy costs) and reduced non-renewable primary energy consumption. It also represents a reduction of 72% in the non-renewable primary energy consumption of the apartment, which can be regarded as close to the 80% reduction that is one of the More-Connect targets.

The cost optimal solution for the building envelope strongly depends on the efficiency of the system used for heating, cooling and DHW. The higher the system efficiency, the lower insulation thicknesses are needed to guarantee the same levels of comfort. Accordingly, for each simulated renovation package in this study, the cost optimal solution differed, being characterized by different insulation levels. Table 7 presents the characteristics of the cost optimal solution for each of the previously described renovation packages that differ in the systems used.

Table 7. Characteristics of the cost optimal solution for each system solution to cover the heating, cooling and DHW needs

	Building element					
	Exterior walls	U (W/m ² .K)	Roof	U (W/m ² .K)	Windows	U (W/m ² .K)
Renovation package 1	EPS 20 mm	0.64	RW 30 mm	0.50	PVC frame (g=0.75)	2.7
Renovation package 2	EPS 60 mm	0.38	RW 50 mm	0.39	PVC frame (g=0.75)	2.7
Renovation package 3	EPS 60 mm	0.38	RW 50 mm	0.39	PVC frame (g=0.75)	2.7
Renovation package 4	EPS 20 mm	0.64	RW 30 mm	0.50	PVC frame (g=0.75)	2.7
Renovation package 5	EPS 20 mm	0.64	RW 30 mm	0.50	PVC frame (g=0.75)	2.7

Table 8 presents the non-renewable primary energy consumption, the respective reduction compared to the baseline scenario and the global costs of the cost optimal solutions presented in Table 7.

Table 8. Cost optimal results for each system solution

	Non-renewable primary energy consumption	Reduction to the baseline consumption	Global cost
	kWh/m ² .y	%	€/m ²
Renovation package 1	68.9	72	448
Renovation package 2	7.8	97	577
Renovation package 3	78.5	68	544
Renovation package 4	60.5	75	749
Renovation package 5	47.1	81	549

Following the aim of this study, one possible solution to achieve ZEB solution (third scenario) is the installation of a photovoltaic system in order to meet the remaining energy needs (68.9 kWh/m².y) of the cost optimal solution of renovation package 1. Thus, it would be necessary to install approximately 21 m² of photovoltaic modules to cover the annual energy needs (4132 kWh/y) which would have an investment cost of approximately 67.7 €/m².

5. CONCLUSIONS

The present study was conducted under the MORE-CONNECT project which aims to develop cost optimal solutions to renovate buildings towards nZEB. Several combinations of renovation measures were analysed for the Portuguese case study building in order to achieve three renovation scenarios: i) 80% reduction of the current non-renewable primary energy consumption of the building, ii) cost optimal solution (nZEB) and iii) net zero energy (NZEB). Results show that it is possible to achieve an nZEB solution by insulating the building envelope, using a multi-split to supply the heating and cooling needs and a gas heater to supply DHW needs. Cost optimal solution for the building envelope is achieved by insulating exterior walls with 20 mm of EPS, insulating the roof with 30 mm of RW and installing windows with higher energy performance ($U=2.7 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$; $g=0.75$). The non-renewable primary energy consumption of this solution corresponds to $68.9 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{y}$ with a global cost of 448 €/m^2 . Results also show that the nZEB scenario (ii) matches approximately (72%) with the 80% reduction of energy scenario (i). The NZEB scenario (iii) is possible to achieve by installing a photovoltaic system to cover the remaining non-renewable primary energy needs of nZEB scenario. For this last scenario the non-renewable primary energy needs would be zero and the global costs would be 487 €/m^2 . The achievement of these scenarios shows that it is possible to achieve cost-effective solutions for this particular case study building.

Acknowledgements

MORE-CONNECT is funded by the European Commission within the framework of the Horizon 2020 program. This support is gratefully acknowledged.

REFERENCES

- Buildings Performance Institute Europe. 2011. Europe's buildings under the microscope: A country-by country review of the energy performance of buildings. (ISBN No. 9789491143014). Belgium: BPIE.
- European Commission "Commission Delegated Regulation (EU) No 244/2012 of 16 January 2012". Official Journal of the European Union, page 81/18; 2012.
- European Commission. 2011. Energy Roadmap 2050.
- Ma, Z., Cooper, P., Daly, D., & Ledo, L. 2012. Existing buildings retrofits: Methodology and state-of-the-art. *Energy and Buildings*, 55, 889-902.
- Regulamento de desempenho energético dos edifícios de habitação (REH). Decree-Law 118/2013.
- World Business Council for Sustainable Development. (2008). Energy efficiency in buildings: Business realities and opportunities (ISBN No. 978-3-940388-26-1). Switzerland: WBCSD.



Considerations on the energetic use of landfill biogas in MSW compactor-collector trucks

Luis Felipe de Azevedo Araujo

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC-Rio/Rio de Janeiro, (RJ), Brazil
aconceitual@gmail.com

Tácio Mauro Pereira de Campos

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC-Rio/Rio de Janeiro, (RJ), Brazil
tacio@puc-rio.br

Leonardo Augusto Lobato Bello

Universidade da Amazônia – UNAMA/Belém, (Pa), Brazil
leonardo.bello@unama.br

ABSTRACT: In large landfills, the application of a percentage of the generated biogas to supply the fuel demand of a fleet of Municipal Solid Waste (MSW) compactor-collector trucks may replace, with advantage, the use of diesel by the fleet for many years. There are two technologies for landfill biogas to be explored. The first is related to the generation of electric power and its use in electric (or hybrid) trucks and, the second, with the gas production to fuel natural gas vehicles (NGV). The methodology adopted to compare the two modals was based on the biogas transformation into electrical energy equivalent (kWh). Costs related to the replacement of diesel powered trucks by both NGV powered and electric compactor-collector trucks are presented and discussed. The evaluation developed in the present work shows that the option providing the more effective utilization of biogas as energy source was with NGV vehicles, but very close to electric-powered trucks. Taking the Rio de Janeiro landfill (Jardim Gramacho landfill) as an example, the results showed that only 13.3% of the total gas collected in 2012 would be enough to supply the whole fleet of COMLURB (Municipal Urban Cleaning Company of Rio de Janeiro). The use of electrical energy would consume some 14.8% of the total gas collected. Both modes allows the injection of the remaining energetic potential either in an electric supply net or a pipeline gas network, creating new possibilities for commercial exploitation of landfill biogas and, also, a more sustainable MSW collection.

Keywords *landfill, biogas, MSW collection trucks*

1. INTRODUCTION

Municipal solid wastes (MSW) are associated with two factors related to greenhouse gas emissions (GHG): (a) the collection system for trucks fueled by fossil fuels, with the generation of large amounts of Carbon dioxide (CO₂) and Nitrogen oxides (NO_x), and (b) landfills, which are the third largest source of anthropogenic Methane (CH₄) emission (Usepa, 2012).

Surveys conducted by Ziegler (2012) comprising 15,700 vehicles throughout Brazil found that garbage transportation is what emits more CO₂ per km run. According to the survey, garbage compactor trucks emit some 1.24 kg/CO₂ per km run. The high CO₂ emission is related to the characteristics of the operation and the use of diesel as fuel. In this activity, to allow garbage collection, the vehicles stop and go continuously. Thus, the trucks often do not pass the second gear, what generates a high fuel consumption.

According to a study by World Bank (2004), the feasibility of collecting and using biogas as a source of energy is normally limited to large and deep landfills (above 1 million ton of waste and depth of more than 15 meters) and for cities with at least 400,000 inhabitants or neighboring municipalities sharing a large landfill.

In Brazil, where the large MSW production causes huge social and environmental impacts, the inclusion of biogas in its energy matrix is a promising alternative. In large centers, the increased waste generation is higher than the population growth; thousands of tons of garbage are dumped daily into landfills or places without any preparation to receive that type of waste.

The country has, in most part of its territory, advantageous conditions to biogas production in landfills all of the year, like temperature and humidity and, mainly, the predominance of organic matter in the solid waste composition. The biogas generated has, as basic feature, a concentration above 30% of CO₂ and 50 to 55% of CH₄, approximately (Ensinas, 2003). Its calorific value is directly related to the amount of Methane in the mixture, which can range from 5,000 to 7,000 kcal/m³ (Deganutti, 2002).

Considering the energetic potential of the biogas produced in MSW landfills, this paper aims to quantify advantages in the substitution of diesel powered MSW compactor-collector trucks by both NGV and electric powered trucks. Data related to the Metropolitan Landfill of Rio de Janeiro, known as Jardim Gramacho Landfill, and to the collection system employed in the city of Rio de Janeiro were taken as a basis for the quantification procedures herein presented.

2. TECHNICAL ASPECTS

There are some options for reducing GHG emissions by the MSW transport sector. Several cities in the world are taking advantage of their landfill biogas as fuel energy to supply heavy MSW collection vehicles; and there are those, still in an experimental way, employing electric or hybrid vehicles.

In this work, considering the electric modal, it was taken as model a XXL 26t vehicle, with a 16 t waste loading capacity (PVI, 2012). Such truck is equipped with an ion-lithium

battery that consumes about 170 kWh in an 8 hours round, and has an autonomy of 170 km, enough to collect some 6100t of waste produced daily in a city such as Rio de Janeiro.

As for the use of biogas as NGV, its transformation into electric equivalent energy was introduced in order to provide a comparison with the electric model analyzed. For that it was used a 26t Renault D-Wide truck with a cylinder capacity of 126 m³ of gas, totaling an average performance of 1.9 km/m³, with 239.4 km of autonomy (NGVA, 2015).

The Jardim Gramacho (RJ) landfill, despite not receiving waste since 2012, has been taken as a model to test the viability of the hypothesis herein taken and its replication to landfills from other large Brazilian cities. This landfill has a daily biogas production of approximately 480,000 m³ (Gas Verde, 2012), with a monthly potential of electricity generation of about 20.563.200 kWh.

Based on technical information from Comlurb (2015), the company has 296 compactor-collector trucks in operation. The amount of MSW collected in December 2014 was 184,500 tons and the average mileage traveled by vehicle was 4160 km. To compute such average mileage, total distances were considered, including: garage; operational manager; path collection; transshipment station; back to the path collection; transfer, return to the garage. The actual distance travelled in collection (only in the path travels) in the shift of operation has an average variation of 15% of the total. The average consumption was of 1.6 km/liter of diesel.

3. ESTIMATE OF ELECTRIC POWER PRODUCTION OF THE LANDFILL AND THE FLEET CONSUMPTION

Equations 1 and 2 express the input parameters for the biogas use as electric power, with the preparation of the landfill installations to generate electricity. The first step is to find the electric equivalence of 1 m³ of biogas;

$$P\left(\frac{kWh}{m^3}\right) = \frac{PCI \times 4,1868 \text{ KJ}}{3600} \quad [1]$$

where: P = power available in kWh/m³; PCI = lower calorific power biogas value = 5000 kcal/m³; 1 kcal = 4.1868 kJ; 3600 = conversion kcal to kWh.

Equation 2 corresponds to a comparative relationship of equivalence of the calorific power value of 1 m³ biogas with electricity;

$$E \text{ eq.} = \partial \times P \left(\frac{kWh}{m^3}\right) \quad [2]$$

where: ∂ = 0,246 (25% efficiency of electric generator); having as a result: E eq. (1m³biogás) = 1.428 kWh.

Equation 3 represents the electric power production available in the landfill in 30 days;

$$E = Q \times E \text{ eq.} \times T \quad [3]$$

where: E = electric power available monthly (kWh); Q = biogas generation (m³/24 h); E eq. = 1,428 kWh; T = 30 days.

Equation 4 shows the values to calculate the fleet consumption with biogas such as electricity. The monthly consumption by 8h round is:

$$C \text{ consumption monthly} = F \times C \text{ consumption } 8h \times T \quad [4]$$

where: $C_{consumption\ 8h} = 170\text{ kWh}$ (energy consumption of the electric truck of 16t in a 8h round); $F =$ fleet of 291 compactor-collector trucks 16 t; $T = 30$ days;

3.1 Estimate of NGV production

The second alternative comes to the use of biogas as NGV, considering its transformation into equivalent electric energy. In this case, landfill facilities are prepared to purify the biogas to NGV. In this case Equations 1 and 2 are used with parameters adapted to work with natural gas: $PCI = 9274\text{ kcal/m}^3$ and $\partial = 0.34$ (34% engine efficiency for electric power production with the NGV) having, as a result: $E_{eq.gn} (1\text{m}^3\text{biogás}) = 3.667\text{ kWh}$.

The supply capacity of the NGV vehicle cylinder is of 126m^3 of gas, and 1m^3 of gas is equivalent to 3.667 kWh, so it will correspond to 462.04 kWh. To supply all fleet, the total amount would be according to:

$$C_{consumption\ 24h} = E_{eq.gn} \times F \quad [5]$$

where: $C_{consumption\ 24h} =$ (Power consumption NGV truck 26t); $F =$ fleet of 291 NGV 16t compacter trucks.

As the efficiency of NGV engines is greater than the efficiency of electrically powered vehicles, the volume of 126 m^3 of NGV is enough to serve at least 3 rounds of 8h collection because each vehicle travels some 70 to 80 km / turn (ADEME, 2014).

Table 1 shows a comparison of the equivalent consumption of electric energy in 2 turns of 8h travel of a fleet of compacter trucks and the monthly use of the landfill biogas production in relation to the biogas consumption by a fleet of 291 trucks running with NGV and electricity. Considering the potential of electric energy generation in the landfill, it can be seen in this Table that the consumption by the electric modal is marginally greater than that of the NGV modal.

Table 1. NGV and electrical fleet consumption in relation to biogas electricity production

Modal	Consumption NGV 16h/day, 2 turns/8 h (kWh)	Equivalent electric energy monthly consumed (kWh)	Monthly equivalent electricity used in relation to that produced (%)
NGV	91,176	2,735,280	13,3
Electric	100,640	3,019,200	14,8

4. ECONOMIC ASPECTS

Table 2 shows the landfill biogas production and its consumption by the fleet of 296 trucks, as well as the energy balance and the expected revenue after supplying energy to all the fleet. Average costs were adopted for the NGV and electric power. In Table 2 and in all the following Tables all values are quoted in American Dollars, with exchange rates from European Euros and Brazilian Reais as per those from April 15th, 2015.

Table 2. Average numbers associated with landfill biogas production and fleet consumption

Activity	Daily	Yearly	Energetic Balance	Revenue (US\$)	
				Unit Cost	Total (year)
Landfill biogas production (Nm ³)	480,000	175,200,000	166,248,960	0.654 (m ³)	108,726,820.00
NGV fleet consumption (Nm ³)	126	8,951,040			
Landfill electric production (kWh)	685,440	246,758,400	210,528,000	0.220 (kWh)	46,316,160.00
Electric fleet consumption (kWh)	100,640	36,230,400			

4.1 Operating costs

Unit costs can be aggregated according to the desired analysis, to introduce or expand a collection service. These will represent the final cost for a particular measure. Can be: per kilometer, per ton collected, per person served, etc.

4.1.1 Cost US\$/km

Equation 6 shows that to calculate the fuel cost/km, the method is to divide the fuel price (modal) by the performance of the vehicle:

$$Cost\ modal/km = \frac{V}{Perf} \quad [6]$$

where: V = US\$ value of fuel per modal; Perf = modal performance;

The results obtained with expression 6 are shown in Table 3.

Table 3. Average costs associated with the modal performance

Modal	Unit Costs (US\$)	Performance	Total cost (US\$)
Diesel	1.013/liter	1.60 km/litter *	0.633/km
NGV	0.654/m ³	1.90 km/m ³ **	0.344/km
Electric	0.220/kWh	1 km/1kWh ***	0.220/km

* Comlurb (2015); ** ADEME (2014); ***Electric consumption (PVI, 2012).

4.1.2 US\$/ton/km Cost

For the calculation of ton/km ($US\$ \frac{t}{km}$), Equations 7 to 9 are used:

$$Dtf = F \times Dt \quad [7]$$

where: F = n vehicles; Dt = total distance monthly travelled per vehicle;

Dividing the total weight collected (monthly) by the total mileage travelled:

$$US\$ \frac{t}{km} = \frac{Pt}{Dtf} \quad [8]$$

where: Pt = total waste weight collected monthly by the fleet; Dtf = total distance monthly travelled by the fleet;

With the value obtained by Equation 8, multiply by the value of each modal:

$$US\$ \frac{t}{\text{modal}} = US\$ \frac{t}{km} \times US\$ \text{ value fuel modal} \quad [9]$$

Using the unit costs shown in Table 3 and Equation 9, costs of ton of waste collected by each modal per travelled millage (km) are show in Table 4.

Table 4. Average costs associated with each modal

Modal	Cost (US\$ / t / km)
Diesel	0,150
NGV	0,097
Electric energy	0,032

4.1.3 Miscellaneous costs

Table 5 presents costs related to the installation in the landfill of facilities for exploration of gas or electricity and costs of acquisition of new vehicles. An intermediate choice in terms of cost/benefit would be the conversion of existing diesel powered trucks to NGV. Conversion values for that, in Brazil, ranged between US\$ 4,950.00 and US\$ 8,250.00. The cost of US\$ 6,600.00 was herein adopted as an intermediate reference value. The facilities installation costs were based on information related to the Gramacho landfill (Gas Verde, 2012). The costs of new heavy waste collector-compactor trucks refer to average values considering vehicles produced in different countries in the world. Total costs were computed considering a fleet of 296 trucks.

Table 5. Costs associated with the renovation of the fleets and landfill installations

Description	Unit Value (US\$)	Total (US\$)
Installations costs landfill	-	122,549,000.00
New electrics vehicles 26 t	265,200.00	78,495,700.00
New NGV vehicles 26 t	200,000.00	59,200,000.00
New diesel vehicles 26 t	181,780.00	53,808,000.00
Conversion of diesel vehicle to NGV	6,600.00	1,953,800.00

4.2 Values saved with diesel replacement

With the use of biogas energy from landfills, significant expenses with mineral diesel and lubricating oil would be avoided, providing annual savings as indicated in Table 6. In this Table, the exchange of lubricating oil was considered to be required at each 10,000 km.

Table 6. Average values associated with oil lubricant and diesel consumption.

Description	Truck Consumption (L/year)	Fleet Consumption (L/year)	Total cost US\$ /year
Diesel	31,200	9,235,200	9,355,260.00
Lubricating oil	152	44,992	177,270.00

5. ENVIRONMENTAL ASPECTS

5.1 Quantities of CO₂ and NO_x emissions and noise pollution produced

Taking into consideration CO₂ and NO_x emissions, Table 7 shows the environmental benefits of having both a NGV and an electric powered fleet of trucks as compared to a diesel powered fleet.

Table 7. Pollution emitted by different models of heavy waste collection vehicles

Description	Emission (kg/ km)	Truck Emission (t/year)	Fleet Emission (t/year)
Diesel vehicle(CO₂)	1.24*	61.90	18,323
NGV vehicle (CO₂)	0.55**	27.46	8,126
Electric vehicle (CO₂ and NO_x)	0***	0	0
Diesel vehicle (NO_x)	0,0146****	0.72	216
NGV vehicle (NO_x)	0,0101****	0.5	149

*Ziegler (2012); **ADEME (2014); ***PVI (2012); ****Andre (2007)

A study by Quadros (2004), pointed out that noise pollution is, after air and water pollution, the environmental problem that most affects people. As indicated in Table 8, NGV powered vehicles produce high noise, from 60 to 72 (dB)A, higher than the 55 (dB)A considered to be tolerated by the World Health Organization (WHO – Quadros, 2004) or the 45 (dB)A allowed by PMC (2002) at night. Diesel collector trucks have an even worse

performance, as they emit 105 (dB)A of noise, above the limit considered by WHO as capable to promote deafness. Electric powered trucks do not produce any noise. In this case, the only noise that can happen will be caused by the handling of garbage containers.

Table 8. Noise pollution emitted by different vehicles

Noise pollution emitted	Values
Vehicle diesel	105 (dB)A *
Vehicle NGV	72 (dB)A **
Vehicle electric	0 (dB)A ***

*Quadros (2004); ** (ADEME, 2014); *** PVI (2012)

5.2 CDM (Clean Development Mechanism)

CDM can be applied both for the landfill itself and to the waste collection system. In the case of CO₂ and NO_x emissions avoided by a waste collection system, CDM can be computed considering an year of waste collecting activity, through the mileage travelled by the electric and NGV vehicles as shown by Equations 10 and 11.

$$Value = Em CO_2 \times tCO_2 eq. \quad [10]$$

where: $Em CO_2$ = CO₂ annual emissions; $tCO_2 eq.$ = US\$ 10. 00 (Monteiro, 2001)

In the case of NO_x, emissions have to be multiplied by 310, which is the value of global potential warming in relation to CO₂.(Felipetto, 2007):

$$Value = Em NO_x \times 310 tCO_2 eq \quad [11]$$

where: $Em NO_x$ = NO_x annual emissions from fleet vehicles collectors compactors; $tNO_x eq$ = 310 x tCO_2 equivalent =US\$ 10.00.

Considering 296 vehicles and 1 year period of time, the revenue associated to the NGV and electric modals are shown in Table 9.

Table 9. Revenue from CDM in 1 year

Description	Values (US\$)
CDM (CO ₂) electric compactor-collector trucks	18,323.00
CDM (CO ₂) NGV compactor-collector trucks	10,195.66
CDM (NO _x) electric compactor-collector trucks	66,867.00
CDM (NO _x) NGV compactor-collector trucks	20,612.00

6. CONCLUSION

In terms of CO₂ and NO_x emissions, NGV-powered vehicles emit less 44.35% and 30.5% than the diesel modal, respectively. The electrical-powered vehicles would be the best choice in this case as they do not emit any CO₂ or NO_x.

With respect to fuel consumption, which was observed in terms of efficiency energy, (km/fuel) the electrical modal obtained a more efficient performance in comparison to the other two modes. It was 25% more economical than diesel and 46% more than NGV. The electric modal provides an extra lubrication oil economy, since it does not have to use it.

The cost of a ton of waste collected by mileage run (US\$/t/km) also points out a significant advantage of the electric mode over the diesel modal (55.1%). The NGV achieved about 35.5% reduction on diesel costs.

Finally, the study demonstrates that the biogas production in a large landfill, such as the Jardim Gramacho landfill in Rio de Janeiro, is great enough to supply a 296 fleet of collector trucks 26t, considering both the NGV and the electric modals. Furthermore, taking into account that the required minimum life time of a sanitary landfill is of 10 years, which is the same life-cycle of a lithium-cadmium battery, and that CDM usually run over a 7 year period, it can be demonstrated that the revenue resulting from the sale of either the remaining produced electricity or purified biogas, associated to the CDM surplus and the economy resulting from the maintenance of a fleet of diesel powered trucks, is more than enough to overcome the high costs of new electric or NGV powered trucks.

REFERENCES

- ADEME 2014. *Partage d'expériences / Collecte des déchets en BOM hybrides diesel / électriques*. Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie [online]. [Cited: April, 15th, 2015]. Available from: <http://optigede.ademe.fr/fiche/collecte-des-dechets-en-bom-hybrides-gnv-electriques>
- Andre, R.L.T.; Maggioni, R.A.; Tanaka, G.A. & Mazziro, R.B. 2007. *Study of the ecological feasibility and diesel replacement financial by NGV to the fleet of trucks and buses in Campinas*. Revista Ciências do Ambiente On-Line, 3:1(in Portuguese)
- Comlurb 2015. Personal communication by the director of the Logistic and Technical Sector of the Urban Cleaning Company of the Rio de Janeiro city
- Deganutti, R.P.; Jam, M.C.P, J.P.. Rossi, M., Tavares, R. & Santos C. 2002. *Rural biodigestors: Indian, Chinese and Batch models [online]*. In: *4th Meeting of Energy in the Rural Environment*, Department of Arts and graphical representation, FAAC/UNESP-Baurú (SP). [Cited: Aug. 11th 2012]. Available from http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC000000022002000100031&lng=pt&nrm=iso. (in Portuguese)
- Ensinas, A.V. 2003. *Study of the biogas generation in the Delta sanitary landfill of Campinas – M.Sc. Dissertation, State University of São Paulo, Campinas, SP (in Portuguese)*
- Felipetto, A.V.M. 2007. *Clean Development Mechanism applied to solid wastes. Concept, planning and opportunities*. Rio de Janeiro: IBAM, 40 p. (in Portuguese)
- Gas Verde 2012. Personal Communication by the Manager of the company responsible by the commercial biogas exploitation of the Jardim Gramacho landfill, RJ
- Monteiro, J.H.P.; Figueiredo, C.E.M.; Magalhães, A.F.; Melo, M.A.F.; Almeida, T.P.F. & Mansur, G.L. 2001. *Integrated solid waste management*. Technical Coordination: Zveibil, V.Z., IBAM, Rio de Janeiro, 203p
- NGVA 2015. *Europe Natural & Bio Gas Vehicles Catalogue [online]*. [Cited: May. 15th 2015]. Available from: <https://view.publitas.com/ngva-europe/ngv-catalogue/page/2-3>
- PMC (2002). Law n° 10.625 of February 19th, 2002: *Regulates urban noises, protection to wellbeing and public easy and provide further measures*. Curitiba City Hall, Environment Department, Curitiba, PR (in

Portuguese)

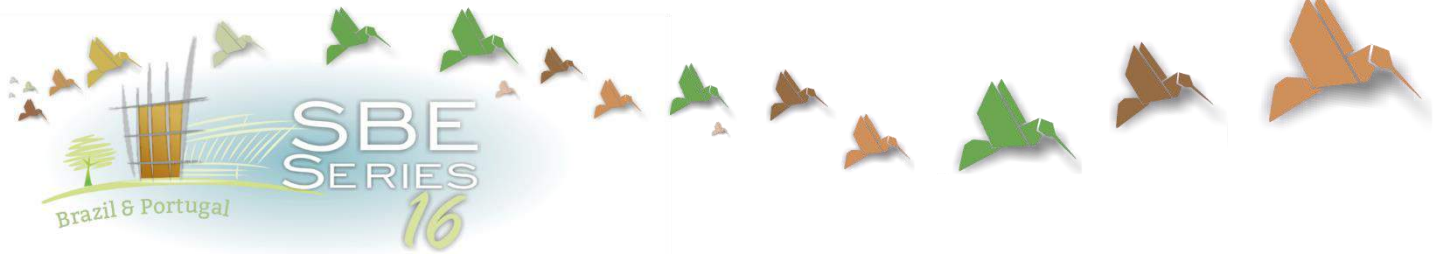
PVI 2012. Power Vehicle Innovation [online]. [Cited: May. 15th 2015]. Available from: <http://www.pvi.fr/?lang=fr>

Quadros, F.S. 2004. *Evaluation of environmental noise generated by public utility vehicle. Case study: household waste collection truck*. M.Sc. Dissertation, Mechanical Engineering, Federal University of Paraná, Curitiba. (in Portuguese)

USEPA 2012. *Energy Projects and Candidate Landfills* [online]. [Cited: 25 Jul. 2012]. Available from: [United States Environment Protection Agency <Energy Projects and Candidate landfills>](#)

World Bank 2004. *Manual for preparation of landfill gas to energy projects in Latin America and Caribbean* [online]. Waterloo, Ontario. [Cited: Nov. 24th, 2012] Available from: <http://w.worldbank.org>

Ziegler, M.F. 2012. *Garbage trucks are those that most emit Carbon dioxide*. ABETRE – Brazilian Association of Waste Management Company (in Portuguese)



Analysis and strategies on energetic efficiency

Lara Amorim Arthur

Federal Institute of Espírito Santo, Colatina (ES), Brazil

laraamorim@outlook.com

Alexandre Cypreste Amorim

Federal Institute of Espírito Santo, Colatina (ES), Brazil.

cypreste@terra.com.br

ABSTRACT: The purpose of this article is to present the analysis of energy efficiency experience by the Brazilian Labeling Program (BLP) of Ifes, *campus* Colatina, with the implementation of the Technical Regulation of Quality to Energy Efficiency for Commercial Buildings, Services and Public (RTQ-C). This article aims then to characterize the building by volumetry and important aspects of envelopment the survey and *as built of* the architectural design of the institution. By the prescriptive method of TRQ-C the aspects that promote and limit that energy efficiency in building were defined. Through the survey of the prerequisites of envelopment, it was found that the index for the transmittance of artificially conditioned environments coverage would lead to loss of efficiency, while the consumption index found assesses the building with energy potential maximum level. Thus, it is concluded on the need to create an improvement plan in order to raise the level of efficiency, promoting change in the thermal load transmitted by the cover with the change of material and analyze at the same time guidelines responsible for increasing the environmental comfort in classrooms through the application louvers on the facades, that receive more insolation. It is expected that such adjustments to the optimum efficiency level would be reached and get the lowest energy consumption.

Keywords *Energy efficiency-envelopment-energy consumption- environmental comfort-buildings energy certification.*

1. INTRODUCTION AND JUSTIFICATION

The concept of energy efficiency has come up with the need for rational use of energy sources and improve the performance of a service. Energy efficiency in buildings consisting of reduce energy consumption in existing buildings or will the project level in the areas of thermal insulation, air conditioning and lighting through technologies for ensuring environmental comfort.

From the 90s, there was a concept on energy efficiency of buildings as an important method to seek to reduce energy use and CO₂ emissions- the building certification. Currently, the US, Canada, Mexico, Portugal, Spain, Australia, New Zealand, Singapore, Hong Kong, Philippines, among other countries, have some kind of standard or law on energy efficiency of buildings. (CARLO, 2008).

In Brazil, where according to the National Energy Balance (BRAZIL, 2014), the commercial, public and residential buildings amounted to 48.5% of total energy consumption, was enacted Law 10.295 / 2001 which deals with the National Conservation and Rational Use Policy energy and Decree 4.059/2001. These laws allowed some important initiatives occurred in the country and the main was the Action Plan for Energy Efficiency in Buildings (Procel - Build) , and later, according to Morishita (2010), the development of regulations and Classification of Buildings Efficient , the RTQ -C (BRAZIL , 2010) and RTQ-R (2010). The buildings labeling process in Brazil takes place separately for commercial buildings, services and public and residential buildings (AMORIM, 2012).

The labeling efficiency of buildings can be accomplished through the prescriptive method or simulation. Both methods must meet the requirements concerning the performance of the envelope, efficiency and installed power of the lighting system and the efficiency of the air conditioning system. The label can be obtained for each of these items, and is classified as a partial label, and to obtain the full label, all items must be evaluated.

2. OBJECTIVES

Analyze and rate the energy performance of envelopment of Ifes *campus* Colatina through the parameters of the Prescriptive Quality Technical Regulation of the Energy Efficiency Level Office Building Method, Service and Public - RTQ -C.

3. MATERIAL AND METHODS

The research methodology was divided into five stages:

- Literature review on the subject.
- Survey of architectural design and indices relating to the physical characteristics of the building.
- Simulation of National Energy Conservation Label (ENCE) using the Webprescritivo tool for a preliminary evaluation of energy efficiency.
- Calculation of the consumption indicator and energy efficiency limits.
- Discussion on the application of RTQ -C and proposals for improvements.

3.1 Characterization of the building

The research began with the characterization of Ifes - *campus* Colatina building on the location, type, form, envelope and ventilation. The Federal Institute of Espírito Santo, Colatina, is a construction consisting of several interconnected rectangular blocks where work classrooms; coordinating body; laboratories and other services such as library, auditorium and cafeteria. For analysis of energy efficiency was the focus for the blocks composed of classrooms and laboratories. The main entrance is located on the south facade and west facades have few openings (figures 1 and 2).



Figure 1. South facade. Source: Authors,2015



Figure 2 .West façade. Source: Authors,2015

Table 1. Building features

FORM	Six rectangular prisms that are connected by a wide circulation.
VENTILATION	Cross ventilation allowed by openings in classrooms blocks and running and the center cover
ENVELOPMENT	The north and south facades are composed of window layout, as in the east and facades west there are predominantly balconies and slanted openings in masonry. Coverage is mixed, metal tile in unconditioned area and ceramic tile in conditioned areas

3.2 Labeling

The envelopment of the certification process is initiated by the characterization of the building and the survey indices relating to the prerequisites of the envelope , such as thermal transmittance (W/m^2K), - heat transmission unit of time and through a unit- area

and wall covering (U); colors and absorptance surfaces, which is the ratio in percentage (%) rate of solar radiation absorbed by the external locks (α) ; percentage of overhead opening percentage of openings in the cover (PAZ) glass , and solar factor (FS) , which is the ratio between the heat gain entering a room through an aperture and the incident solar radiation.

Compounding the characteristics of openings, the indexes for the calculation procedure of the envelope consumption rate in prescriptive method are: glass solar factor in the facades (FS); Opening percentage on the west front and the percentage of opening in all facades, which is calculated by dividing the sum of the glazed opening areas of the west facade and the area of the west facade (PAFo) and the opening percentage of the total facade (PAFT) ; and horizontal and vertical angles shading angle formed between two planes containing the base opening (AHS) and the angle formed by two vertical planes (AVS). Table 2 presents the calculated variables for the envelope of prerequisites and Table 3, the characteristics of the apertures.

Table 2 . Variables that make up the prerequisites of envelopment.

UCOB-AC	2,05
UCOC-ANC	1,6
UPAR	2,43
CT	152
PAZ	0
FS	0
α_{cob}	0,6
α_{par}	0,2

Table 3. Characteristics of the apertures

FS	0,87
PAFt	0,34
PAFo	0,04
AHS	0
AVS	30°

4. RESULTS AND DISCUSSION

For the calculation procedure in the prescriptive method of evaluation of the envelopment efficiency , it takes into account the envelopment of the consumer index that relates to each bioclimatic zone ¹ equations indices relating to the physical characteristics of the

¹ The bioclimatic zone aims to determine the best strategies for a project to obtain comfort for the users, according to the region where the buildings are inserted and their respective climate.

buildings, such as form factor (FF) , ratio between the area of the envelope and the total volume of the building (A_{env} / V_{tot}) ; Height factor (AF) ratio of the coverage projection area and total building area ($APCOB / tot$) , with the exception of basements , plus the percentage of opening the facades and shading angles.

Table 4. Requirements for applying the equation of the consumption index (CI)

Bioclimatic zone	ZB 8
Building projection area (A_{pe})	> 500 m ²
Minimum limit factor (A_{env} / V_{tot})	0,17

Equation envelope consumption rate. Equation 1 below:

$$(IC_{env}) = -160,36.FA + 1277,29.FF - 19,21.PAFt + 2,95 .FS - 0,36.AVS - 0,16 .AHS + 290, 25.FF.PAFt + 0, 01.PAFt.AVS.AHS -120, 58. \quad (1)$$

Table 5. Areas for calculation of the Index Consumption

Total built area (m ²)	7344,88
Coverage of the projection area (A_{pcob}) (m ²)	2951,52
Building projection area (A_{pe}) (m ²)	2951,52
envelopment area (A_{env}) (m ²)	6304,58
Total volume (m ³)	27272

Table 6. Indices of envelopment for calculation of the Consumer Index.

FA	0,4
FF	0,23
PAFo	0,04
PAFt	0,34
AVS	30°
AHS	0
FS	0,87

(IC_{env})= 116,918

- For maximum consumption index (**IC_{máxD} = 218,86**)
PAFt= 0, 60 FS= 0, 61 AVS= 0 AHS= 0
- For minimum consumption index (**IC_{min} = 175,915**)
PAFt= 0, 05 FS= 0, 87 AVS= 0 AHS= 0 **Calculation of the limits efficiency**

$$(i) = (IC_{\max D} - IC_{\min}) / 4 = 10,736 \quad (2)$$

Table 7. RTQ -C efficiency limits

Level of efficiency	A	B	C	D	E
Limit Min	–	$IC_{\max D} - 3i + 0,01$	$IC_{\max D} - 2i + 0,01$	$IC_{\max D} - i + 0,01$	$IC_{\max D} + 0,01$
Max limit	$IC_{\max D} - 3i$	$IC_{\max D} - 2i$	$IC_{\max D} - i$	$IC_{\max D}$	–

Table 7. The building efficiency limits.

Level of efficiency	A	B	C	D	E
Limit Min	–	188,662	197,398	208,134	218,87
Max limit	188,652	197,388	208,124	218,86	–

Using the online tool Webprescritivo was held prior the issue of the energy efficiency label for Ifes Campus Colatina:

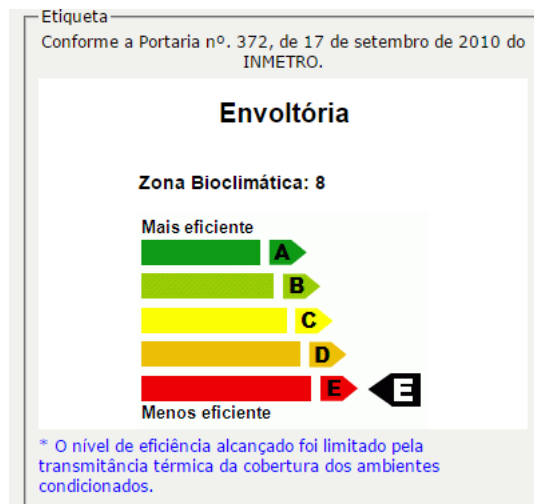


Figure 3. Certification Tag. Source: Webprescritivo

4.1 Analysis of results

According to the result of the consumption index, the limit was reached efficiency level "A" energy efficiency. However, when analyzed the prerequisites of envelopment due to

thermal transmittance coverage conditioned environments (U_{cob}), the efficiency drops to the level "E". Once the limit for efficiency "A" in transmittance value for conditioned environments is $1.05 \text{ W} / \text{m}^2\text{K}$ and the data obtained from the building was $2.05 \text{ W} / \text{m}^2\text{K}$, which caused a decrease in the standings. In addition to the thermal transmittance index was not found other content directly responsible for the decline in efficiency.

Second, Souza et al. (2010) as regards the material of the envelope components, low quality will directly influence the calculation of building performance and consequently the certification procedure, which then tends to decrease rating.

4.2 Simulations of the indices U_{cob} and AHS and proposals for improvements to the IFES Campus Colatina:

The type of coverage in this building consists of ceramic tile, tube and inclined slab, which according to the Thermal Properties Catalog Energy Efficiency Laboratory Buildings (LabEEE), has a value of $2.05 \text{ W} / \text{m}^2\text{K}$ thermal transmittance, which does not fit the optimal value for the efficiency level "A".

In this case, one way to reduce this heat load would paint the ceramic tile with a lighter color which would contribute to decrease the thermal transmittance value. Since the action of changing the type of existing coverage by a composed of precast slab with EPS + mortar tube and fiber cement tile or ceramic tile, according to the Thermal Properties Catalog decrease of $2.05 \text{ W} / \text{m}^2\text{K}$ to $1.52 \text{ W} / \text{m}^2\text{K}$. Thus, the level would rise to about the level "B" efficiency has not yet reaching the maximum level.



Figure 4. Coverage conditioned area. Source: Author, 2016

The horizontal angle shading is almost nonexistent in the building blocks, since the protections found are responsible for shade only two windows within the limits of each north and south facade with a maximum angle of 21° . In this case the proposed improvement is to have a structure which will act as vertical louvers able to provide better shading for at least the north façade, which sunlight is higher.

By arranging the louvers along the facade allow shadowing of all windows, forming an angle of 21° on each side of the windows. Thus, the AHS an opening angle is the average of two solar protections, which remains 21°

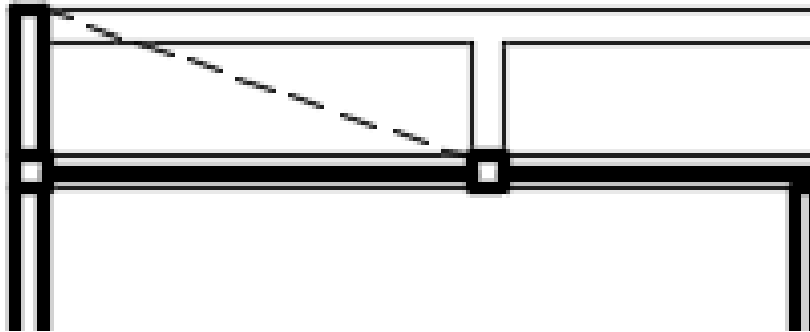


Figure 5. One protection. Source: Authors, 2016

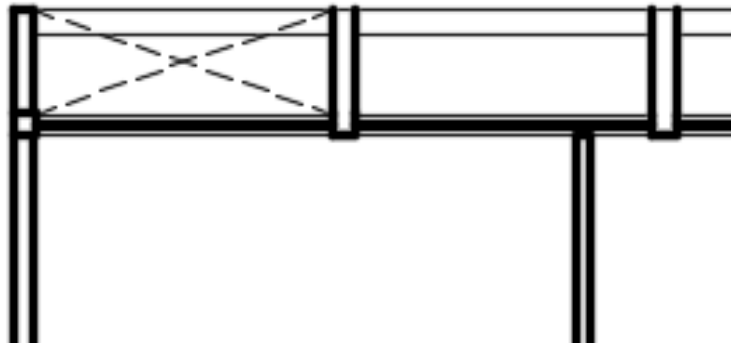


Figure 6. Two protections. Source: Authors, 2016



Figure 7. North existing facade. Source: Authors, 2016



Figure 8. Facade north with proposed brises

5. CONCLUSION

The study of energy efficiency at the Federal Institute of the Espirito Santo - campus Colatina raised the importance of the analysis of energy efficiency in public buildings, especially institutes and federal universities as a way to save on energy consumption due to environmental issues, as well as for dependent the transfer of public money.

The discussion covered in the research sought to investigate the potential energy of the Institute, featuring its form and envelope so that it reaches a level of efficiency. With the results of the survey of envelopment of the prerequisites and the calculation of the consumption index, it was found that the thermal transmittance conditioned environments was the limiting factor for a good performance in labeling.

In this case, we propose an improvement plan for that with a new thermal transmittance value of the coverage was achieved the best possible level of energy efficiency. It also justified the need to examine other indices relating to openings in facades and shading angles in order to further improve the quality of the built space, making it more enjoyable and saving in the building energy consumption.

REFERENCES

- AMORIM, Claudia Neves. *Labeling of energy efficiency*. Sustainable design - training managers Esplanada-Brasília, 2012.
- BRAZIL, Ministry of Development, Industry and Foreign Trade - MDIC. National Institute of Metrology, Standardization and Industrial Quality - INMETRO. Ordinance No. 372 of 17 September 2010. *Requirements Quality Technicians for Energy Efficiency Level Commercial Buildings, and Public Services (RTQ -C)*. Rio de Janeiro, 2010.
- BRAZIL, *Mines and Energy Ministry*. National Energy Balance - Base Year 2013 Summary Report. 2014.
- CARLO, Joyce Correna. *Development of methodology for evaluating energy efficiency of non-residential building wrap*, Florianópolis, 2008.p.11-23.
- MORISHITA, Claudia. Regulation of the impact on energy efficiency in buildings in the consumption of electricity in the Brazilian residential sector. (*Doctoral thesis*). *Technology Center, Federal University of Santa Catarina*, Florianópolis, 2011. 232p.
- PROCEL - EDIFICA, <http://www.procelinfo.com.br>. acessado on March 28, 2015.
- SOUZA, Roberta Vieira Gonçalves et al . Application Experience of RTQ -C in LABCOM - UFMG. In: *Proceedings ... ENTAC- XIV National Meeting of the Built Environment Technology*, Canela / RS, 2010.
- WEBPRESCRITIVO. Energy Efficiency Assessment Tool Commercial Buildings by Prescriptive Method RTQ -C. Available in <<http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/webprescritivo/index.html> >. Accessed on: March 28, 2016.



Bioclimatic architecture and energy savings of the urban housing in arid environments

Alejandra Kurbán

Universidad Nacional de San Juan, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño, Instituto de Estudios en Arquitectura Ambiental "Arq. Alberto Papparelli"

akurban@unsj.edu.ar

Mario Cúnsulo

Universidad Nacional de San Juan, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño, Instituto de Estudios en Arquitectura Ambiental "Arq. Alberto Papparelli"

mcunsulo@unsj.edu.ar

Analía Álvarez

Universidad Nacional de San Juan, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño, Instituto de Estudios en Arquitectura Ambiental "Arq. Alberto Papparelli"

ana_alv023@hotmail.com

Eduardo Montilla

Universidad Nacional de San Juan, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño, Instituto de Estudios en Arquitectura Ambiental "Arq. Alberto Papparelli"

alejo_montilla@yahoo.com.ar

Andrés Ortega

Universidad Nacional de San Juan, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño, Instituto de Estudios en Arquitectura Ambiental "Arq. Alberto Papparelli"

andresnec@hotmail.com

ABSTRACT: The energy consumption for thermal conditioning of urban dwellings located in a zone of arid mesothermal climate is studied to identify its incidence in the household energy structure. The study's object is the city of San Juan (Argentina), located in the South American arid diagonal. The hypothetical consumption of natural/liquefied gas and electricity, per dwelling unit is estimated processing relieved data and calculating the bioclimatic design strategies, if it had been bioclimatically designed. It is concluded that the use of fossil energy for domestic thermal conditioning, constitutes about half of electricity and gas consumption in Winter and 60% of electricity in the Summer. If the housing had been bioclimatically designed, savings in electricity consumption would be 84% in winter and 46% in summer. For gas, the savings would reach 84%.

Keywords *Bioclimatic Architecture, Energy Savings, Houses, Arid Environments.*

1. INTRODUCTION

Fossil fuels have been the drivers of the economy in the last 150 years, allowing that the world's population multiplied six times. Therefore, the virtual exhaustion of those reserves is currently one of the major problems with which the world civilization faces, originated in its indiscriminate use as generators of energy resources. In Argentina, according to INTI (2007), during 2002, 53% of the supply of primary energy was: natural gas (40%), oil (6%), hydropower (2%), nuclear power, and other sources (5%). From the supply with natural gas, 56% is consumed to condition buildings in the residential, industrial, commercial, public sector and transportation purposes. According to the same source, the main consumers of electricity are: industrial sector (44%), residential (29%) and commercial and public (25%). The latter constituted by public offices, hospitals, schools, shops and public lighting. According to ENARGAS (2005), the consumption of natural gas by sector is as follows: residential 21%; Commercial 3%; Industrial 33%; Energy Plants 31%; GNC (Compressed Natural Gas) 9%, others 3%. For 2006, the OLADE registered in Argentina a 53% of natural gas demand, while oil was 33%.

The World Development Bank (BMD, 2007), in the Latin America Regional analysis explicit that Argentina is the greatest consumer of household gas. This pressure generates the urgent need to optimize its use due to the inefficiency of the own hydrocarbon reserves. In line with the above, according to the CESLA - Centre for Latin American studies (2009), Argentina is the main consumer of household gas in Latin America, widely beating the second country (Venezuela) with 61% of the Latin American distribution (Argentina 308.4 Mill. Tj, Venezuela 45 Mill. Tj). In relation to the power consumption Argentina places in 3rd order with 109.4 Kv/h, after Brazil and Mexico. Comparing these values with the Latin American energy generation capacity, Argentina is the 4th country in production of oil and 2nd in gas generation.

According to statistics of the Ministry of Economy, Argentina (2008), oil reserves have fallen 25% in the period 2001-2005, in parallel to the fall in production. In the case of natural gas, the situation is even more serious, because in the same period was consumed 40% of the reserves increasing the production only by 18%. In the aforementioned report of 2006, OLADE refers to the natural gas consumption in Argentina by 2018 having an increase of 102% taking the 2003 as base; of the 41% in oil; and the 93% in electric power. On the other hand, the horizon of energy reserves in Argentina was for 2005 in the petroleum case of 9.1 years and natural gas, 8.87 years. In Argentina, approximately one third of the energy produced is consumed in and for the operation of buildings. Of this amount, half is used to meet the demand for heating and cooling (INTI, 2005). Furthermore, of the total demand of power according to the aforementioned OLADE report, gas accounts for a very high percentage, 73.93%, discriminated against in natural gas: 59.75% and liquefied petroleum gas: 14.18%. Argentina has increased the final per capita energy consumption in the decade 1997/2006 about 11.5%, value far higher than the Latin American average of 8.5%. Within this total and for the same period, residential consumption increased by 23%, having decreased the Latin American average about 2%.

The current environmental crisis with respect to the non-renewable natural resources, in combination with high levels of air pollution that affect the global climate change and in

the creation of the heat island in the cities (Oke, 2006), generates inescapable social and governmental responsibilities in general, requiring actions that work together to reverse the serious effects. In this context of concepts, it is considered urgent the need to contribute to savings of fossil energy, refocusing its application to generating productive activities of capital goods or services and not to the residential sector, which is final and not generates added value. Within the residential sector the thermal conditioning is one of applications of conventional energy more easily replaceable, taking advantage of the climate in the architecture through passive or hybrid systems.

This work studies the energy consumption in the residential sector in a city of arid area located in the Centre-West of Argentina, identifies the structure of use and quantifies the possible energy savings on the assumption of a housing bioclimatically designed.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1 Characterization of the Metropolitan Area of San Juan, Argentina

The arid ecosystems represent approximately 47% of the emerged lands of our planet and 14% of the world's population lives in them. In Argentina the arid zones make up 75% of the territory, have only 12% of surface water resources and its population is approximately 30% of the national total (Kurbán *et al*, 2015a). The Metropolitan Area of San Juan located to the southeast of the province of the same name (south latitude: 31° 32' 24", west longitude: 69° 31' 48") in the Central-Western Argentina Republic, comprises Capital and the urban areas of Chimbass, Rawson, Rivadavia, Santa Lucia and Pocito departments. It has an extent of 127Km² (0.14% of the provincial territory), a population of 458,229 inhabitants (67% of the provincial total) and a population density of 37 inhabitants per km² (Papparelli *et al*, 2015). According to the characteristics of its spatial distribution, the city can be divided into Urban Characteristic Bands (BUC): eminently urban band (BUC EU), urban band (BUC UR), suburban band (BUC SU) and not urban band (BUC NU). These bands can be defined as: continuous and homogeneous portion of urban area, with urban index of similar value between two representative isolines of Land Occupation Factor (FOS), that identify its territorial limits and the state of spatial situation; it is presented as an area concentric to the main urban centre. (Papparelli *et al*, 2009). The Land Occupation Factor (FOS) corresponding to each band is as follows (Papparelli *et al*, 2015b): BUC EU: FOS ≥ 40%; BUC UR: 40% > FOS ≥ 20%; BUC SU: 20% > FOS ≥ 5%; BUC NU: 5% > FOS.

2.2 Population of each BUC of the San Juan Metropolitan Area (AMSJ)

The spatial distribution of the population in the AMSJ according to the Characteristic Urban Bands was obtained by overlapping a plane of such BUC with census 2010 radios (INDEC, 2010). The resulting population values were: BUC EU: 42,368 inhabitants, implying a population density of 38inhab/Ha; BUC UR: 253,415 inhabitants, implying a population density of 44inhab/Ha; BUC SU: 162,446 inhabitants, implying a population density of 28inhab/Ha. Figure 1 shows the isolines of spatial distribution of population density in the AMSJ overlapped with the Urban Characteristics Bands.

2.3 Urban Climate of the AMSJ

The anthropization process in urban areas involves an alteration of the natural climate due to the increasing changes in the conditions of the original physical support produced

by building volumes, road infrastructure characteristics, urban afforestation and anthropogenic heat (by population, air pollution by cars, emission of heat into the atmosphere by use of environmental conditioning systems). Such changes influence the hicrothermal conditions, both in the open spaces and the building interiors. This final state of the modified macro-scale climate is called *urban climate*.

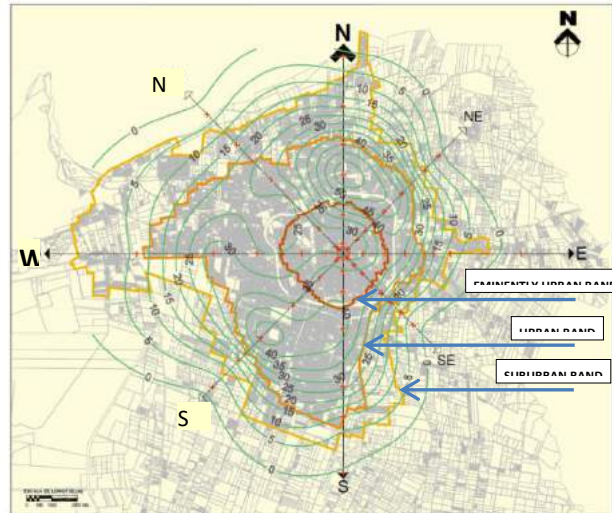


Figure 1: Isolines of population density in the AMSJ (Source: own elaboration)

The urban climate of the San Juan Metropolitan Area, is arid (Thornthwaite index = 0.0794) and Continental (Gorczyński [K] index = 34.12), with high thermal amplitudes daily, seasonal and annual (17.3 °C). Low values of humidity (average = 40.92%). Low summer rainfall regimen (annual = 77.72mm). High solar radiation year-round (490W/m²) as a result of a low and decreasing cloud cover level, and a water deficit of 979.28 mm. The most frequent wind throughout the year is from the south sector (average 7 km/h), with intense gusts associated with storms of dust in times of change of time. Prior to the changes of time usually appears a local wind known as "Zonda", which is a fohen effect, characterized by very dehydrated and torrid air that can last from some hours to several days (Kurbán *et al*, 2015b). One of the most important aspects of the urban climatology is the urban heat island phenomenon resulting from the alteration of four physical mechanisms (Mazzeo, 1984). For the AMSJ, the heat island for 2011, obtained from the processing of satellite images LANDSAT 5TM+, had a maximum intensity of 5.0 °C for summer and 4.5 °C for winter (Cúnsulo *et al*, 2013). The effects of the micro-climatic phenomenon are knit together with energy consumption, since in arid zones the urban heat island generates significant discomfort conditions particularly during the summer.

2.4 Bioclimatic Architecture

Despite the harshness of the arid climate of San Juan, the city has optimal climatic conditions for its use in the design of passive conditioning systems. In this regard, the statistics of the urban climate in the period 1995-2010 throws the following seasonal average values (Ortega *et al*, 2013): Global Solar Radiation: Summer 614.96W/m², Winter 349.92W/m²; South Wind Frequency: Summer 64.89 %, Winter 47.90 %; Dry Bulb Temperature: Summer 32.59 °C, Winter 13.35 °C; Relative Humidity: Summer 41.40 %,

Winter 41.90 %. The data show that for both seasons, the use of resources set up a very workable strategy: in summer, with high radiation and high temperatures, is also high the amount of hours a day in which blows the fresh wind of the southern quadrant with low relative humidity. In winter, with lower temperatures, remain an important global solar radiation and the frequency of winds from the South decreases markedly.

2.5 Structure by Use of the residential energy consumption in Argentina.

In Argentina, the residential sector consumed 9,890 ktep (1 tep: equivalent oil ton.) which accounted 21.8% of the total final consumption of energy in the country in 2004 (Ministry of economy, *op. cit*). The consumption in the same year differentiated by source was: Natural Gas: 61.9%; Electricity: 19.6%; Liquefied Gas: 13.3%; Vegetal Carbon: 2.2%; Kerosene: 1.4%; Wood: 1.0%; Wind: 0.6%. This indicates that the Natural Gas, Electricity and Liquefied Gas, totalize 95% of residential consumption. Of the above values, 92.2% correspond to urban households. According to the same source, in a "trend" scenario, i.e. without explicit policies of structural changes, the 2015 projection indicates that consumption will grow to 20,854 ktep. On the contrary, the increase would be 16,329 ktep in a "structural" scenario, i.e. adopting dispositions of UEE (efficient use of energy), to promote sustainability. Therefore, there would be savings of 21.7% compared with the "trend" scenario. The national energy Balance for 2012 (Secretaría de Energía de la Nación R.A., 2013) threw that the residential sector in Argentina consumed per type of energy (in miles of tep): Primary energy: Wood 0.003, Other primary 0.007; Secondary energy: Electricity 0.25, Natural Gas 0.63, Liquefied Gas 0.07, Vegetal Carbon 0.02, and Kerosene 0.03. Considering only electricity and Gas in the residential consumption, the values are: Electricity 0.32, Natural Gas 0.90, Network Gas 0.44, and Liquefied Gas 0.46.

2.6 Energy consumption in the Metropolitan Area of San Juan

- a) Consumption of Electric Energy: Statistics 2013 from the company that provides the service of electrical energy in the AMSJ (Energía San Juan, 2014), breaks down the consumption, as follows: Annual province consumption: 1,748,189 Mwh; Annual residential consumption: 789,612 Mwh; Residential Users: 183,775 Users. For the AMSJ; Annual consumption: 1,586,044 Mwh; Annual residential consumption: 728,691 Mwh; Residential Users: 169,346.
- b) Natural/liquefied Gas consumption: Distribuidora de Gas Cuyana S.A. 2011 statistics (Ecogas 2012), indicates that the annual volume of natural gas consumption in the residential sector was 92,828,040m³. The Capital Department, totalized a consumption of 30,968,672m³ corresponding to 34% of the total. In relation to the percentage consumption (Ecogas, 2014), the residential sector constituted in 2013 the 31.4% of the total delivered. According to the same source, the number of residential customers in the AMSJ with natural gas totalized 94,025 users.

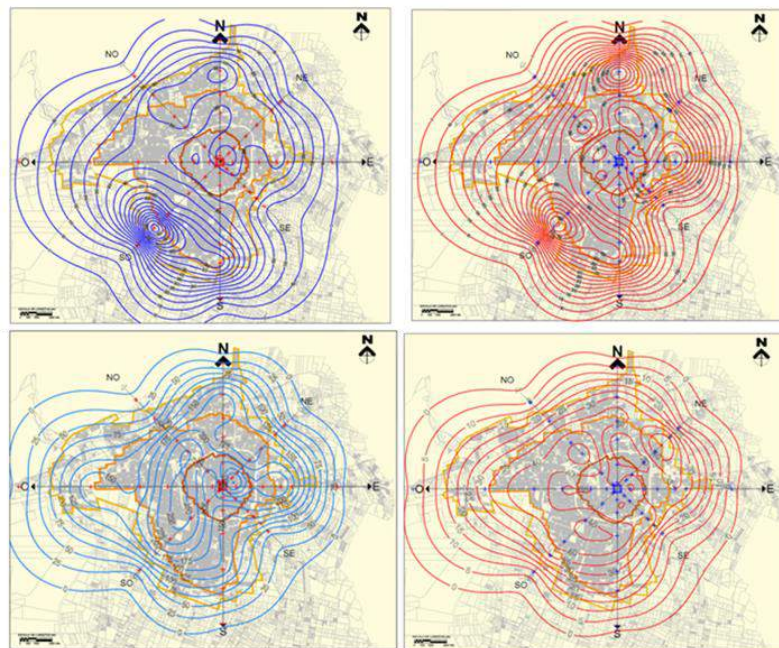
2.7 Spatial distribution of the residential energy consumption in the AMSJ

A consumption survey was performed over homes located in 64 areas of the AMSJ. These areas were located in 64 urban nodes located in the AMSJ along the 16 main cardinal directions according to a geometrical-mathematic method (Papparelli *et al*, 2009). This method allows a representative sampling of the urban area through urban areas having

different urban index, randomly identified. According to the bioclimatic strategies for the city (Kurbán *et al*, 2013), July is the winter colder month and December the summer warmest one. Therefore, the survey collected information from both months as representative of the most extreme and rigorous by the arid climate seasons. For each urban node 2 samples were considered relieving consumption of electric energy (KWh), liquefied and natural gas (Kg or m³).

The data were geo-referenced (“x” and “y” coordinates) to the centre of the city (25 of May square). The “z” coordinates corresponded to the value of energy consumption. To transform into continuous, the punctual information concerning each variable, a software that sits a soft surface on a grid of values x, y and z was used, and a three-dimensional model was performed. Horizontal cuts to the models at a convenient equidistance were made to obtain representative curves or isolines. Figure 2 shows the isolines of EE (Electric Energy) and Gas consumption per dwelling, in the AMSJ for winter and summer, overlapped to the cadaster of the city, with the three BUCs: predominantly urban, urban and suburban.

Figure 2. Winter (top) and summer (bottom) electric energy (left) and gas consumption (right). (Source: own elaboration)



Analysing the distribution of energy consumption for housing, according to the Urban Characteristic Bands, the averages per dwelling, according to each band were (Table 1):

Table 1. Energy consumption per dwelling and per BUC – AMSJ (Own elaboration)

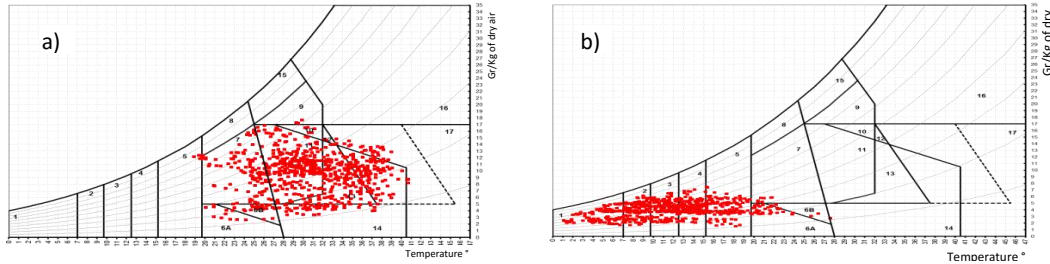
BUC	Gas (m ³)		Electric Energy (KWh)	
	Summer	Winter	Summer	Winter
EU	41	231	409	260
UR	37	185	516	309
SU	20	104	424	292

2.8 Passive and Active Strategies of Bioclimatic Architecture

Using the temperature and relative humidity of the urban climate of the AMSJ for the same year in which there were developed the surveys of energy consumption (2013), the

strategies of bioclimatic design were calculated applying the numerical-graphic method of Donald Watson (1983) through an analytic-mathematician adaptation of Mario Cúnsulo (Kurbán *et al*, 2014). (Figure 3).

Figure 3. Building bioclimatic Chart for AMSJ 2013: a) Dec.; b) Jul. (Source: Development on own statistics)



In Table 2 are shown the hours corresponding to each design strategy, calculated for the four seasons.

Table 2. Annual hours of bioclimatic design strategies by season in the AMSJ - year 2013. (Own elaboration)

Season	PASSIVE STRATEGIES				ACTIVE STRATEGIES				COMFORT		YEAR TOTAL			
	Hs of Passive Heating	Hs of Passive Cooling	% Hours of Passive Heating	% Hours of Passive Cooling	Hs of Active Heating	Hs of Active Cooling	% Hs of Active Heating	% Hs of Active Cooling	Hs of Mechanical Humidification	% Hs of Mechanical Humidification	Hs of Comfort	% Hs of Comfort	Annual Hs	% Annual Hs
Summer	43	838	2.0	38.7	0	639	0.0	29.5	48	2.2	596	27.6	2164	100
Fall	921	354	41.3	15.9	2	40	0.1	1.8	47	2.1	866	38.8	2230	100
Winter	1,684	34	75.8	1.5	198	0	8.9	0.0	253	11.4	54	2.4	2223	100
Spring	770	403	35.3	18.4	65	169	3.0	7.7	277	12.7	500	22.9	2184	100

2.8.1 Scenario 1(a): Structure of annual energy consumption for building thermal conditioning, in the Metropolitan Area of San Juan

The consumption was calculated from 2 types of data survey (Kurbán *et al*, 2015a): type and power of the appliance, and consumption checked for July, September and December. The universe studied consisted of 7 houses of similar technology and located at the different BUCs. The occupants varied from 1 to 6 people. The percentages of conventional energy used in thermal conditioning in such months, considered as scenario1, were: Heating: Natural/Liquefied Gas: 48%; Electric Energy: 42%; Cooling: 59%.

2.8.2 Scenario 1(b): Structure of seasonal energy consumption for building thermal conditioning, by BUC and season.

The relieved data consumption for summer and winter, were weighted according to the structure of energy consumption for thermal conditioning. These values were weighted with the percentages of monthly total bioclimatic strategies (active and passive, Table 2), obtaining the values of monthly energy consumption per dwelling for thermal conditioning, without bioclimatic principles. The results are shown in Table 3.

2.8.3 Scenario 2: Energy consumption of the AMSJ with bioclimatic design.

Processing the values of Table 3, with the percentages of annual hours of passive strategies (Table 2), the amount of gas and electricity that would be used if the architecture of the houses would have considered bioclimatic design strategies was calculated. This situation is called Scenario 2. The structures of consumption for this new scenario are shown in Table 4 and Table 5.

Table 3. Scenario 1: without using bioclimatic architecture. Energy consumption by dwelling for each BUC, to get thermal conditioning in the AMSJ. (Own elaboration)

BUC	Season	Heating		Cooling	Total EE (KWh)
		Gas (m ³)	EE (KWh)	EE (KWh)	
EU	Summer	7	7	610	617
	Fall	148	146	175	320
	Winter	281	277	113	390
	Spring	126	124	318	443
	Annual	562	554	1,216	1,770
UR	Summer	6	9	769	778
	Fall	118	173	220	393
	Winter	225	329	143	472
	Spring	101	148	402	549
	Annual	450	659	1,534	2,192
SU	Summer	3	8	632	640
	Fall	67	163	181	344
	Winter	127	127	118	244
	Spring	57	139	330	470
	Annual	254	437	1,261	1,698

Table 4. Scenario 2: using bioclimatic architecture. Energy consumption by dwelling

Season	Heating		Cooling
	Gas (m ³)	EE (KWh)	EE (KWh)
Summer	1	1	429
Fall	24	19	77
Winter	90	71	133
Spring	35	28	256
Annual	151	118	894

Table 5. Scenario 2: using bioclimatic architecture. Energy seasonal consumption by housing of the AMSJ.

BUC	Season	Heating		Cooling	Total EE (KWh)
		Gas (m ³)	EE (KWh)	EE (KWh)	
EU	Summer	7	7	378	385
	Fall	76	75	137	211
	Winter	87	86	111	197
	Spring	72	71	254	326
	Annual	243	239	880	1,119
UR	Summer	6	8	477	485
	Fall	61	89	172	261
	Winter	70	102	140	242
	Spring	58	85	321	406
	Annual	194	284	1,110	1,394
SU	Summer	3	8	392	400
	Fall	34	84	142	226
	Winter	39	96	115	212
	Spring	33	80	264	344
	Annual	109	268	912	1,181

2.9 Savings in the energy consumption of housing for annual and seasonal thermal conditioning in the AMSJ, using Bioclimatic Architecture.

From the Seasonal consumption in thermal conditioning in the city of San Juan and each Urban Characteristic Band, without taking into account design strategies bioclimatic and considering that housing have been designed bioclimatically, arise the following values of energy savings (Table 6: for the whole AMSJ and Table 7: by BUC).

3. RESULTS

The annual percentage of hours, in summer and winter seasons, for each bioclimatic architecture strategy, resulted:

Annual: HEATING 41.8%: Active 3.02%, Passive 38.78%; COMFORT 22.97%; COOLING: 35.23%: Active 18.44%, Passive 16.79%.

Winter: HEATING 84.98%; Active 9.01%, Passive 75.97%; COMFORT 2.46%; PASSIVE COOLING 1.55%; ACTIVE HUMIDIFICATION 11.02%.

Summer: HEATING 1.99%; Active 0.00%, Passive 1.99%; COMFORT 27.54%; PASSIVE COOLING 38.72%; ACTIVE COOLING AND HUMIDIFICATION 31.75%.

Spring: HEATING 38.23%; Active 2.98%; Passive 35.26%; COMFORT 22.89%; PASSIVE COOLING 18.45%; ACTIVE COOLING AND HUMIDIFICATION 29.42%

Fall: HEATING 41.39%; Active 0.09%; Passive 41.30%; COMFORT 38.83%; PASSIVE COOLING 15.87%; ACTIVE COOLING AND HUMIDIFICATION 3.90%

The current values for total energy consumption per year, used for thermal conditioning of a house in the AMSJ, without using principles of bioclimatic architecture and the calculated according to the bioclimatic design strategies, if applied, were:

- Without Bioclimatic Architecture: Gas 933 m³; Electric Energy 2283KWh
- With Bioclimatic Architecture: Gas 151m³; Electric Energy 1013KWh

The above values show that the percentages of each type of energy savings, if homes were been designed following bioclimatic principles, result: Gas = 84%; EE = 56%.

Table 6. Seasonal and annual energy savings in the AMSJ using Bioclimatic Architecture. (Own elaboration)

Season	Heating		Cooling
	Gas (m ³)	EE (KWh)	EE (KWh)
Summer	11	9	350
Fall	221	173	146
Winter	376	295	12
Spring	174	136	151
Annual	782	613	658

Table 7. Annual and seasonal energy savings by BUC using Bioclimatic Architecture. (Own elaboration)

BUC	Season	Heating		Total EE	Cooling
		Gas (m ³)	EE (KWh)	EE (KWh)	(KWh)
EU	Summer	7	7	378	385
	Fall	76	75	137	211
	Winter	87	86	111	197
	Spring	72	71	254	326
	Annual	243	239	880	1,119
UR	Summer	6	8	477	485
	Fall	61	89	172	261
	Winter	70	102	140	242
	Spring	58	85	321	406
	Annual	194	284	1,110	1,394
SU	Summer	3	8	392	400
	Fall	34	84	142	226
	Winter	39	96	115	212
	Spring	33	80	264	344
	Annual	109	268	912	1,181

4. CONCLUSIONS

The study of the energy consumption for thermal conditioning of houses in a city of arid zone, such as the San Juan Metropolitan Area, indicates that during the winter, about half of the electric energy and Natural/Liquefied Gas is destined to such use. During the summer, that percentage amounts to 60% of the total electric energy consumption.

The savings in electric energy for conditioning of dwellings if bioclimatically designed would be 84% in winter and 46% in summer. In the case of the Natural/Liquefied Gas, the savings would reach 84%.

Considering that the San Juan Metropolitan Area represents 0.14% of the provincial territory (127Km² of 89,651 Km²) and has 67% of the total population of the province (458,230 inhabitants of 681,055 inhabitants) (Papparelli *et al*, 2015c), the contribution to the residential energy savings that would provide the use of bioclimatic architecture, would be highly significant.

If such energy savings were extrapolated to cities with similar urban conditions than San Juan located in arid meso-thermal and warm zones, the contribution that would be made to energy self-sufficiency, using bioclimatic architecture in their respective urban housing parks would be substantial.

REFERENCES

- BMD (Banco Mundial de Desarrollo) 2007. Energía y BMD: Análisis Regional América Latina.
- CESLA (Centro Estudios Latin.) 2009. Anuario 2009. Comparativa Estad, Amb. Energía y Minería.
- Cúnsulo, M., Kurbán, A. 2013. Procesamiento de datos térmicos satelitales para la obtención de la Isla de Calor Urbana. *AVERMA* Volumen 1. ISSN 0329-5184; Pp. 11.11 a 11.18.
- ECOGAS - Distribuidora de Gas Cuyana S.A. 2014. Distribución de consumo en la Provincia de San Juan según tipo de Usuarios. Nota GC N° 1865/14. Fecha: 21 de abril de 2014
- ECOGAS. 2012. Informe Específico de "Consumo Doméstico en m³/9.300Kcal (Provincia de San Juan). Adjunto a Nota GC N°1345/12. Fecha: 27 de marzo de 2012.
- ENARGAS (Ente Nacional Regulador de Gas) 2005 <http://web.ing.puc.cl/power>
- Energía San Juan. 2014. Datos consumo energía eléctrica en Provincia de San Juan y Gran San Juan.
- INDEC R.A. (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. República Argentina). 2010. Censo Nacional de Población y Vivienda 2010.
- INTI R.A. 2007. Saber Cómo. Ahorro y certificación energética: la envolvente de los edificios.
- INTI R.A. 2005. Demanda de calefacción y enfriamiento edilicio.
- Kurbán A., Cúnsulo M., Montilla E., Ortega A. 2013. Planificación urbana y diseño bioclimático en ambientes áridos. Monitoreo clima urbano en el ÁMSJ. *AVERMA* Vol. 1. ISSN 0329-5184; Pp. 11.19 a 11.28. Argentina.
- Kurbán, A., Cúnsulo, M., Álvarez, A., Montilla, E.; Ortega, A. 2015(a) The role of bioclimatic architecture in the reduction of the emission of CO₂ in arid environments. *Environmental Science: An Indian Journal*. Ed. Trade Science Inc ISSN 0974-7451. Volume 11 Issue 6. Pp. 171/178. India.
- Kurbán, A., Cúnsulo, M., Matar, M., Ortega, A., Ripoll, V. 2015(b). Prototipo bioclimático de vivienda social para zona árida urbana. ASADES'15 - XXXVIII Reunión de trabajo. San Rafael, Mendoza, Argentina, 10-13 Nov. 2015.
- Kurbán, A.; Cúnsulo, M.; Montilla, E.; Ortega, A.; Álvarez. (2014) Ahorro Energético con Arquitectura Bioclimática en Áreas Urbanas de Zonas Áridas. PICTO 2009. ANPCyT-UNSJ.
- Mazzeo, N. 1984. Aplicaciones del diagnóstico climático a problemas relacionados con el urbanismo. Apuntes de cátedra, UBA. Buenos Aires.
- Oke, T. R. 2006. Towards better scientific communication in urban climate. *Theoretical and Applied Climatology*, 84, 179-190.
- OLADE. 2006. Informe de Estadísticas energéticas.
- Ortega, A., Montilla E., Cúnsulo M. 2013. Clima Urbano Árido. Base de datos para estudios del Área Metropolitana de San Juan. *AVERMA* Vol. 1. Págs. 11.29 a 11.36. 2013) ISBN 978-987-29873-0-5.
- Papparelli, A., Kurbán, A., Cúnsulo, M., Montilla, E. 2015. Características de la distribución espacial del Área Metropolitana de San Juan. ISBN 978-987-3607-84-4 Edit. NOBUKO. Buenos Aires.
- Papparelli, A., Kurbán, A., Cúnsulo, M. 2009. Planificación Sustentable del Espacio Urbano. ISBN 978-987-584-196-3. Edit. Klickzowski/NOBUKO. Argentina.
- Ministerio de Economía. Argentina 2008. Elementos para el diagnóstico y desarrollo de la planificación energética nacional. 2008-2025... Secretaría de Energía - Grupo de Planeamiento Estratégico.
- Secretaría de Energía de la Nación. E.A. 2013. Balance Energético Nacional del año 2012,
- Watson, D., Faia y Kenneth Labs. 1983. Climatic Design. Ed. Mc. Graw-Hill Book Company. USA.



Daylight in the Museum: Luminance distribution study using hdr photographs

María Beatriz Piderit

*Architectural Theory and Design Department. Universidad del Bío Bío, Concepción, Chile.
mpiderit@ubiobio.cl*

Camila Cáceres Lepin

*Bachelor's in Architecture, Universidad del Bío Bío, Concepción, Chile.
camimeluu@gmail.com*

Carolina Espinoza Sanhueza

*Bachelor's in Architecture, Universidad del Bío Bío, Concepción, Chile.
cespinozasanhueza@gmail.com*

ABSTRACT: Daylight is essential when experiencing architectonic spaces; its proper integration and suitable distribution creates a spatial dimension which passes well-being onto people. Therefore, lighting strategies are key in a museum, as they need to guarantee a stable luminous room, giving a good vision of the works. Restrictions to conserve works have led to a limited use of daylighting, favoring the design of artificially-lit spaces making it increasingly more complex to unite daylight and architectonic design. This research looked to study how to bring together daylight, architectonic design and artificial lighting through the analysis of light distribution in the Chilean Pre-Columbian Art Museum, located in Santiago de Chile. The main goal was to analyze the light-space relationship of the exhibition area, starting from the conversation criteria of the works. Different settings were evaluated to get to know the lighting variations among the different architectonic elements and the elements exhibited in the observer's field of vision. High Dynamic Range (HDR) photographs were taken in the museum to provide a better understanding of the lighting in regards to the performance of human visual perception. The results allowed finding the positive and negative effects in the exhibition area's light-space relationship.

Keywords *Lighting – museum – high dynamic range*

1. INTRODUCTION

Daylight does not just create a sensation of well-being; it allows saving in energy by needing less artificial lighting to light up our spaces. The impact of light on the museum and artistic exhibition galleries conditions the light settings of the exhibition space housing them. The integration of natural light is complex due to the dynamics of light, its daily and seasonal variations, since stable lighting conditions are required in the exhibition area with a uniform distribution and without sunlight penetrating through.

The photometric characteristics of daylight cannot be replaced by artificial means, since its visible spectrum and color performance permit an excellent chromatic reproduction that favors the perception of the exhibited works. Its architectonic integration must be done considering the specific criteria of perception and conservation, where the objective is allowing that the exhibited elements are clearly perceived without causing any type of degenerative effect on the material of the exhibited works. On introducing daylight as a strategy for lighting exhibition areas, conditions must be created to obtain the visual comfort of the people visiting the museum and, at the same time, to reduce the damage to the exhibited objects as much as possible. The correct use of light in the exhibition area setup is key, as its integration enhances the lit room and, with this, the exhibition itself.

This investigation is focused on the light evaluation of an architectonic intervention at the Chilean Pre-Columbian Art Museum (MCAP), where we find pieces made from diverse materials, like stone, textiles, a variety of pigments, wood, metal and others, some of which date back more than three thousand years. The idea of analyzing the light-exhibition area relationship starts from the conservation criteria of the works. The evaluation is done through high dynamic range photographs, a method which allows accurately reproducing the light setting. Different scenes were evaluated to find out the luminance variations between the different architectonic elements and the exhibition elements in the observer's field of vision.

2. LIGHT AND CONSERVATION IN MUSEUMS

Light and conservation are entwined in a museum. Light is associated to an energy which can irreversibly change the physical properties of the materials, and can also provide unfavorable environmental conditions for their conservation. This generates damage through accumulation and an irreversible degenerative action in the exhibited objects, so we must take care that the lighting level falls within recommended limits (Thomson, 2013). An object which is exposed to intense light for a prolonged period of time will be subject to a higher global radiation intensity and the uniformity of the light on the object will be lower; it is recommended to base the design on a simple principle: the lesser the exposure, the lesser damage will occur (Michalski, 1997).

To evaluate the object's degree of exposure to light, the illuminance (lux) is considered. In Table 1, the maximum levels of illuminance recommended for the museums are shown, pursuant the type of object exposed considering the conservation criteria.

Table 1 Illuminance range for each material without exposing it to damage (source: Rodríguez Alvarez, 2016).

Material	Max. recommended value	Lux/hour per year
Watercolors, fabric, paper, engravings, tapestries	50 lx	54,000 lx
Oil paintings, tempera, bones, marble, leather.	200 lx	500,000 lx
Stone, metal, ceramics, wood, photos	300 lx	Depends on the exhibiting conditions.

Light distribution and contrast are equally important in the visual perception of the exhibited objects. The distribution of luminance in the visual field affects the visual comfort of the people visiting the museum. Luminance (cd/m^2) or photometric brightness was considered as a relevant factor within the lighting of the museums. This expresses the brightness of the light sources or of the objects lit, determining the visual sensation produced at the scene (Sanz, 2011). It is considered the luminances that are too high can lead to glare; on the other hand, contrasts of luminances that are too high can cause visual fatigue due to the constant readapting of the eyes and, finally, luminances and contrasts of luminances that are too low can lead to a monotonous and not very stimulating room (IDAE Guía Técnica, 2005).

Luminance is evaluated in regards to the contrast between the object and the background. In museum rooms, a favorable ratio between the luminance reflected on the object and the luminances of other surfaces around the field of vision create suitable perceptions of the exhibited objects (Boyce, 2003). A balance between the object and the background or surrounding space can be: between the object and the darkest setting 3:1; between the object and darkest distant surfaces 10:1; and a maximum contrast of 40:1 (IDAE Guía Técnica, 2005). According to Steven Hefferan (2008), the appropriate luminances ratio for a museum cannot surpass 3:1 between the object and its immediate surroundings.

In this study, the luminance on the object and on other surfaces in the visual field will be evaluated through High Dynamic Range (HDR) photographs of the different scenes or settings within the museum, evaluating whether these comply with the luminance ratio defined.

3. LIGHT IN THE CHILEAN PRE-COLUMBIAN ART MUSEUM

Two relevant exhibition spaces were chosen to evaluate lighting in the Chilean Pre-Columbian Art Museum (MCAP). The first, the "Chile before Chile" room is in the museum's basement (Fig. 1-2). The lighting in this exhibition area integrates daylight in a diffuse manner in the sculptures area and uses artificial lighting to highlight the display cabinets with ceramics, all harmonized with an opaque and dark color on the walls and ceilings that emphasizes the dim lighting on entering this space. The second is the "America" room, located on the second level of the oldest part of the museum (Fig. 1-2). This has bilateral lighting: on one side of the room, direct lighting is given by the windows and, on the other, indirect lighting comes from a light well that has a diffuser screen covering it. Both exhibition areas have ceramics, stone, wood and fabrics.

The measurements were made on October 28th and 29th 2015, under clear skies in the city of Santiago. The measurements of both luminance and illuminance were made at three times of the day (12, 3, 6 pm) which covers the museum's opening times. In Figure 2, the views considered in each one of the two exhibition areas analyzed are shown. The light evaluation is done on two scales: the first considers the perception at a spatial scale of the exhibition area, analyzing the objects-space ratio and the second considers a closer scale, analyzing the object-exposed background ratio.

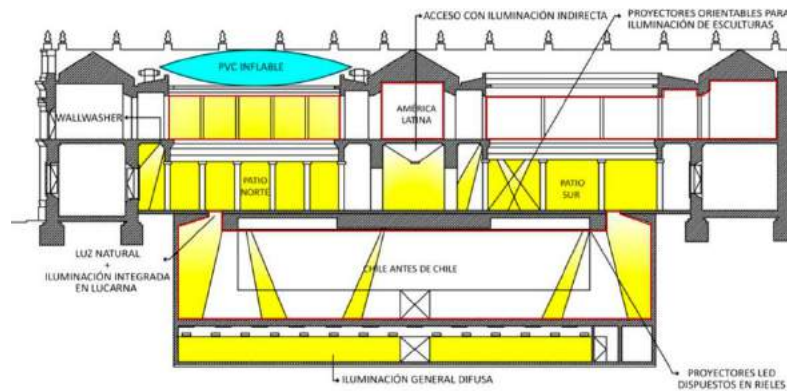


Figure 1. MCAP Cross-section view. The zones outlined in red are the ones that were evaluated, with their corresponding lighting strategy (source: own preparation).

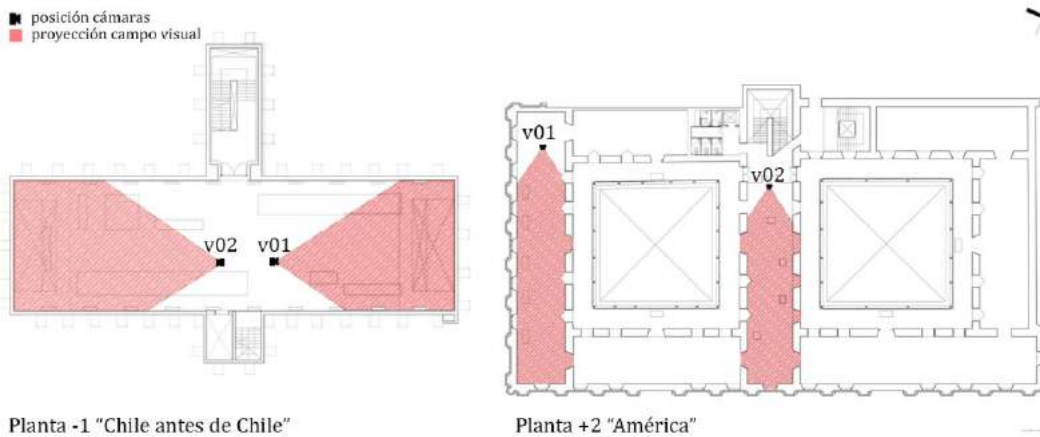


Figure 2. Views and visual field analyzed in regards to the exhibition space (source: own preparation).

3.1 Exhibition area measurements using HDR photographs

The high dynamic range (HDR) photographic method consists in taking a series of photographs which capture luminosity over a broad range with a calibrated conventional camera; the very dark and very bright areas of a light setting are stored in a single image. This series of photographs allows the construction of an HDR photograph where it is possible to evaluate the luminance of the spaces and the elements being exhibited. This method has been developed and validated by several researchers through different laboratory tests. These investigations have shown that the values captured in each pixel in

an HDR photograph accurately correspond to the physical characteristics of the real luminance of the captured scene (Anaokar & Moeck, 2005; M. Inanici & Galvin, 2004; M. N. Inanici, 2006; M. Inanici, 2010; Piderit, Cauwerts, & Diaz, 2014).

A Canon EOS REBEL Ti3 camera was used for this study. It was placed on a tripod and in order not to move the camera when taking the photographs, it was programmed using software with an automatic trigger. A series of photographs, between 6 and 10, were captured for each moment, using the Low Dynamic Range (LDR). The opening of the camera's shutter was left fixed and the exposure ranges varied to capture the space's luminosity. Each series of LDR photographs (.jpg format) captured is converted into a single HDR photograph (.hdr format), using the Radiance software (**Erro! A origem da referência não foi encontrada.**), then the false color maps of each scene were built to



evaluate the luminance obtained.

Figure 3. Sequence of photographs with different exposure ranges with final image in HDR (source: own preparation).

4. EVALUATION OF THE CHILEAN PRE-COLUMBIAN ART MUSEUM'S EXHIBITION AREA

4.1 Exhibition Space - Object Light Evaluation

In the "Chile before Chile" room, the exhibition area's evaluation was done in two views that are relevant within the setting, View 1 considers the evaluation of the Pre-Columbian totems and View 2 is focused on the exhibition area of Pre-Columbian tapestries and jewels (see Fig. 2).

In Figure 4, which corresponds to View 1 "Chile before Chile", we can see the strong impact of the zenith lighting on the exhibited objects, the skylight does not have screen, causing a luminance area with values above 37.5 cd/m^2 for all the times evaluated. According to the 3:1 luminance ratio, between the object and the darkest setting, this is inverted, with a background with luminances over 37.5 cd/m^2 and figures with luminances between $22\text{-}17 \text{ cd/m}^2$, having a luminance ratio close to 2:1 as a result, highlighting that the heads of the totems also have similar luminances at the base. The dark finish of the walls and the bright floor create a light atmosphere over the exhibition area, as can be seen at 3pm in the false color image, and the totems are lost within this luminous atmosphere. At 6pm, the light allows seeing the light and shaded zones, highlighting the shapes of the totems, where we see that the luminances are reduced on most of them.



Figure 4. View 1 "Chile before Chile - 12, 3 and 6pm - Exhibition Area. A) HDR Images b) False Color (Source: own preparation).

In Figure 5. View 2 "Chile before Chile" 12, 3 and 6pm - Exhibition Area. A) HDR Images b) False Color (Source: own preparation).

, View 2 "Chile before Chile" has a filtered zenith light entrance; it is seen that the luminances values allow creating a difference between the background and the exhibited object, with a 3:1 ratio between them. The luminance of the exhibited object is above 37.5 cd/m² and the background of the observer's field of vision has luminances below 12.5-17.5 cd/m² providing, in this way, a luminance ratio of close to 3:1 between the object and the darkest setting. As a result, it can be seen that the objects are the protagonists within the exhibition area of the area analyzed.



Figure 5. View 2 "Chile before Chile" 12, 3 and 6pm - Exhibition Area. A) HDR Images b) False Color (Source: own preparation).

Two scenes were selected from the "America" exhibition area located on the second floor, which has bilateral lighting. In View 1 "America", on one side, the window rhythmically lights the space and, on the other face, indirect lighting shines through from the hallway which is related to the light well. In the case of View 2 "America", this has indirect lighting on both sides from a light well (see Fig. 2).

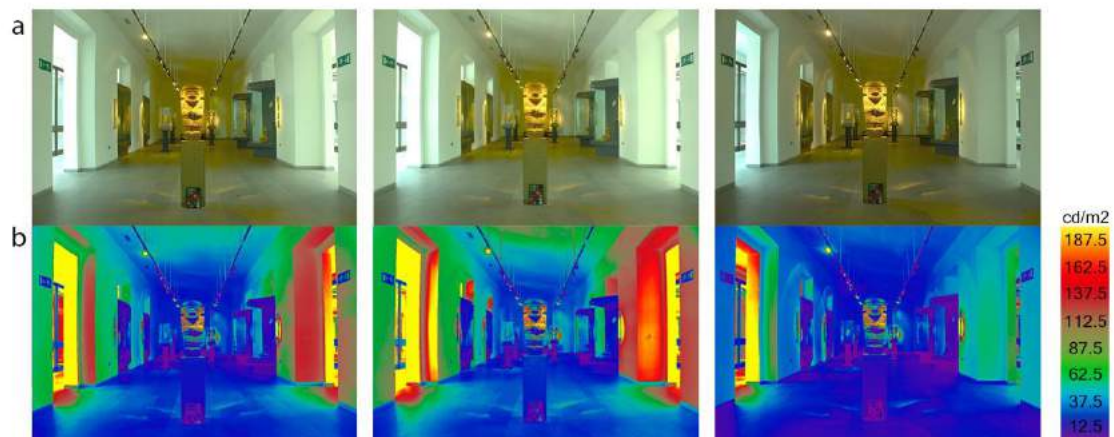
In Figure 6, View 1 "America" 12, 3 and 6pm - Exhibition Area. A) HDR Images b) False Color (Source: own preparation)., corresponding to View 1 "America", we can see in all the periods evaluated that there is not a great contrast between the surrounding area and the exhibited objects. The luminance values of the objects are low, between 12-15 cd/m², and

the luminance of the surrounding walls is between 37.5-87.5 cd/m², with an inverted luminance ratio between the background and the exhibited object. The background has higher luminances than the objects, which does not favor their perception.



Figure 6, View 1 "America" 12, 3 and 6pm - Exhibition Area. A) HDR Images b) False Color (Source: own preparation).

In Figure 7. View 2 "America" - 12, 3 and 6pm - Exhibition Area. A) HDR Images b) False Color (Source: own preparation)., which corresponds to View 2 "America", it is seen that the contributions of daylight are higher than the ones the exhibition area provides. Luminance values in the indirect lighting areas are over 162.6 cd/m²; this raises the luminance of the surrounding walls, which have values between 62.5-112.4 cd/m² at the different times. According to the 3:1 luminance ratio, 4:1 is given, while the central sculpture has luminance values above 150 cd/m² from the artificial light in regards to the background of



the space observed and we can see that the other objects melt into the space.

Figure 7. View 2 "America" - 12, 3 and 6pm - Exhibition Area. A) HDR Images b) False Color (Source: own preparation).

4.2 Evaluation of exhibited object - background light ratio

The luminance ratio of the exhibited object and the background of the "America" room are evaluated with HDR photographs, where daylight has a strong impact on the exhibition area, with much higher luminances. These are completed with vertical illuminance

measurements on the glass displays at the height of the observer, to evaluate whether the illumination levels fall within the ranges recommended for the conservation.

The false color images of the three moments evaluated are shown in Figure 6. Views on "America" Displays 12, 3 and 6pm - Object and background ratio. False Color Images (Source: own preparation)

. On analyzing the luminances ratio between exhibited objects and the background, this is inverted in terms of the recommendations (3:1) on the four displays evaluated (see Table 2). The background has luminances which exceed 162.5 cd/m². Negative effects are produced on facing the display, since our eye physiologically directs the look to the area with the highest luminances, which produces visual discomfort and the exhibited objects are not clearly read.

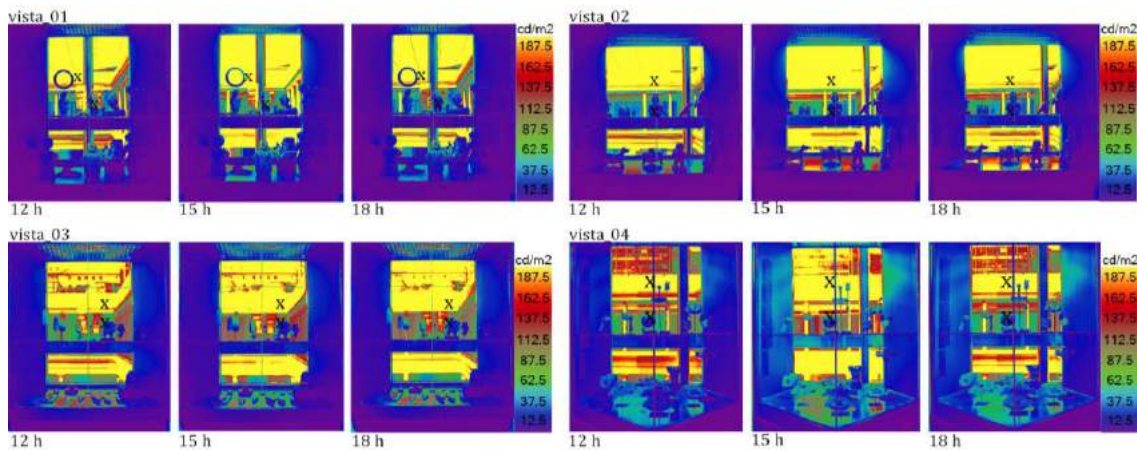


Figure 6. Views on "America" Displays 12, 3 and 6pm - Object and background ratio. False Color Images (Source: own preparation)

In regards to the illuminance, we can see that in all the displays evaluated, the exhibition has illuminance values within recommended ranges (under 300 lux) for a suitable conservation (see Table 2). However, these are low in relation to the background, which does not favor contrast and the proper showcasing of the objects.

Table 2. Luminance and illuminance values at 12, 3 and 6 pm. Object and background ratio. Views in "America" Displays (source: own preparation).

	Times	Object cd/m ²	Background cd/m ²	lux		Times	Object cd/m ²	Background cd/m ²	lux
Display 01	12	33.4	923	199	Display 02	12	43.7	1200	223
	15	35.7	1480	189		15	38.9	1890	275
	18	25.9	760	165		18	48.8	1840	232
Display 03	12	12	266	163	Display 04	12	36.5	261	180
	15	14.5	742	190		15	36.8	244	264
	18	11.5	474	165		18	37.4	214	255

The false color images of two scenes which exhibited objects in the hallway are shown in Figure 7. Views in "America" hallway at 12, 3 and 6pm. Object and background ration. False Color Images (source: own preparation).

. This object is lost in the lit background. In the scene Hallway 1, the luminance ratio of 3:1 does not occur at any time. However, in the scene Hallway 2, a luminance ratio of close to 3:1 is given. The exhibited object has an artificial light source which allows increasing the light contribution. In the two hallway scenes, the objects exhibited there have illuminance values evaluated that are above the recommended maximum value (see Table 3).

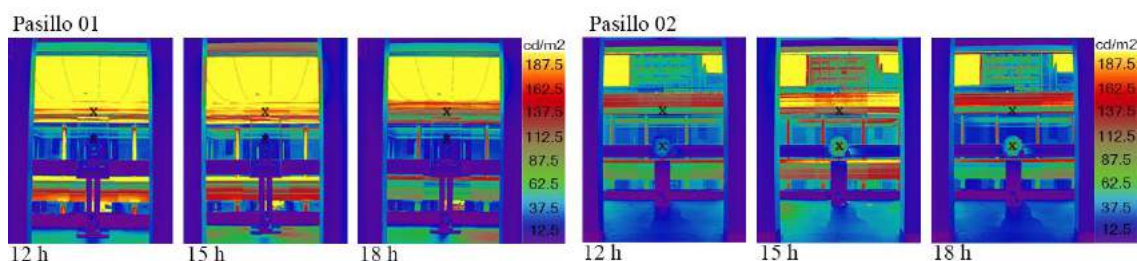


Figure 7. Views in "America" hallway at 12, 3 and 6pm. Object and background ration. False Color Images (source: own preparation).

Table 3. Luminance and illuminance values at 12, 3 and 6pm. Object and background ratio. Views in "America" Displays (source: own preparation).

	Times	Object cd/m ²	Background cd/m ²	lux		Times	Object cd/m ²	Background cd/m ²	lux
Hallway 01	12	53.5	1330	445	Hallway 02	12	138	408	311
	15	72.3	3980	923		15	136	241	321
	18	97	2740	840		18	126	243	280

5. CONCLUSIONS

In regards to the evaluation of the exhibition space "Chile before Chile", it is concluded that dim lighting contributes to creating an atmosphere where the objects are highlighted by the contrast despite the luminances being low, especially in View 2. The architecture, with its dark wall and floor finish, greatly contributes to the objects being the protagonists, helped by weak artificial lighting, but that despite this, is enough for its correct understanding. It is important to highlight, in an exhibition space, that even though the luminances are low, our visual system will adapt, being able to clearly recognize the highlighted objects. In regards to the exhibited object - background evaluation in the "America" exhibition, we find that the luminance differences between the object and background is completely inverted. The background presents very high luminances, the 3:1 ratio is not given, so the exhibited objects are not protagonists in the space.

This investigation, in spite of its limitations, used photographs that provide a method which allowed us to quickly make measurements in a space where people move through. It also allowed us to display the real effect of light, as this intervenes in the exhibition area to, in this way, be able to distinguish accurately the luminances of the exhibition area.

The museum analyzed has one of the largest museographic works in the history of Museums in Chile. It is difficult to have complete control of the environmental parameters that intervene in the conservation, like temperature and humidity. A complementary study would enhance the information collated by this work. The perception could be

complemented with perception surveys of the people visiting the museum. This has been suggested for a future project.

6. ACKNOWLEDGEMENTS

This research arose from a joint project with the Architecture and Sustainable Construction Research Group of Universidad del Bio Bio, as well as from a research project made by final year students in Universidad del Bio Bio's Architecture School.

REFERENCES

- Anaokar, S., & Moeck, M. 2005. Validation of High Dynamic Range Imaging to Luminance Measurement. *LEUKOS*, 2(2), 133–144. <http://doi.org/10.1582/LEUKOS.2005.02.02.005>
- Boyce, P. R. 2003. Human Factors in Lighting. *Taylor & Francis* (2nd ed.).
- Hefferan, S. 2008. Working with daylight in the museum environment. *WAAC Newsletter*, 30(1), 22–24.
- IDAE Guía Técnica. 2005. Aprovechamiento de la luz natural en la iluminación de edificios. *IDAE, CEI*.
- Inanici, M. 2010. Evaluation of High Dynamic Range Image-Based Sky Models in Lighting Simulation. *Leukos*, 7(2), 69–84. <http://doi.org/10.1582/LEUKOS.2010.07.02001>
- Inanici, M., & Galvin, J. 2004. Evaluation of high dynamic range photography as a luminance mapping technique.
- Inanici, M. N. 2006. Evaluation of high dynamic range photography as a luminance data acquisition system. *Lighting Research and Technology*, 38(2), 123–134.
- Michalski, S. 1997. The lighting decision. *Fabric of an*.
- Piderit, M. B., Cauwerts, C., & Diaz, M. 2014. Definition of the CIE standard skies and application of high dynamic range imaging technique to characterize the spatial distribution of daylight in Chile | Definición de cielos CIE estándar y aplicación de fotografías de alto rango dinámico para caracter. *Revista de La Construcción*, 13(2), 22–30.
- Rodríguez Alvarez, A. (n.d.). Iluminación para interiores, Museos y galerías de arte. Retrieved from <http://www.iluminet.com/iluminacion-en-museos-y-galerias-de-arte/>
- Sanz, M. P. G. 2011. Iluminación en el Puesto de Trabajo. Criterios para su evaluación y acondicionamiento. *Línea*. Available: <Http://www.Insht.es/Ergonomia2/Contenidos/Promocionales/Iluminacion/ficheros/IluminacionPuestosTrabajoN.Pdf> [Último Acceso: Octubre 2014].
- Thomson, G. 2013. *The museum environment*. Elsevier.



Sistema de cogeração de energia: O caso de uma indústria cerâmica

Viviani do Nascimento Souza Melotti

Graduanda, Faculdade Brasileira, Vitória (ES), Brasil
vnsmelotti@gmail.com

Gabriel Rigotti Alves de Deus

Graduando, Faculdade Brasileira, Vitória (ES), Brasil
gabriel_rigotti@hotmail.com

Aline Silva Sauer

Docente, Faculdade Brasileira, Vitória (ES), Brasil
alinesisa@hotmail.com

Fabricia Delfino Rembiski

Docente, Faculdade Brasileira, Vitória (ES), Brasil
frembiski@gmail.com

RESUMO: As crises energéticas, em nível mundial que ocorreram ao longo da história, levaram ao investimento em pesquisas que buscam a diversificação da matriz energética. O Brasil, pioneiro no uso de usinas hidrelétricas, adotou essa como principal fonte geradora de energia elétrica. Porém, após recentes crises hídricas, notou-se como este fato interfere diretamente no setor industrial e, conseqüentemente, na economia nacional. Nas indústrias, verifica-se a necessidade de melhoria nos processos produtivos, de redução de custos e da busca pela sustentabilidade, para aumentar a competitividade no mercado. Entretanto, aliado ao desenvolvimento industrial, existe o aumento da demanda de energia elétrica. Assim, as fontes alternativas de geração de energia vêm sendo uma das possíveis soluções para este problema. Após o início da operação do gasoduto Brasil-Bolívia no ano 2000, o gás natural, usado para fins de cogeração, tem se apresentado como uma alternativa as indústrias brasileiras. Portanto, o objetivo deste trabalho é estudar a eficiência e a viabilidade de um sistema de cogeração de energia com turbina a gás natural, implantado em uma indústria cerâmica no Espírito Santo (Brasil). Para o desenvolvimento deste estudo foram realizadas revisão bibliográfica, entrevista, levantamento e análise de dados. Como resultados, nota-se a viabilidade deste sistema, tendo em vista a disponibilidade de gás natural no local, a redução do consumo de energia elétrica com o reaproveitamento da energia térmica e a redução da dependência energética da concessionária local.

Palavras-chave Cogeração, Fontes alternativas, Indústria cerâmica, Sustentabilidade.

1. INTRODUÇÃO

Na década de 70, com a crise do petróleo, houve um consenso global sobre a necessidade da geração de energia a partir de outras fontes, visto a alta no valor do petróleo e a incerteza de fornecimento de seus derivados. Neste momento, muitos países investiram em pesquisas que contribuiriam para redução da dependência deste combustível. Nesse contexto, o Brasil começou a investir em fontes alternativas ao petróleo, sendo um dos pioneiros na implantação de hidrelétricas, fonte responsável por cerca de 65% da energia gerada no país, segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica-ANEEL (2015).

Este modelo de produção de energia funcionou satisfatoriamente até o ano de 2001, quando, devido ao período de seca prolongada, o Brasil passou por uma crise energética, com racionamento de 20% do consumo de energia elétrica, o que promoveu várias mudanças no setor energético (Oliveira, 2014). Em 2015, ocorreu novamente um longo período de seca, aumentando o uso das usinas termelétricas e a elevação da tarifa de energia. Mendes & Pinto (2011, p. 8) afirmam que “a reforma realizada na indústria de eletricidade brasileira não foi suficiente, porém, para definir um ambiente institucional disciplinado [...]”, o que tornou “[...] o ambiente de geração e comercialização de energia elétrica complexo, encarecendo os custos envolvidos nos processos [...]”. Além disso, existem lacunas no setor, como a confiabilidade do suprimento e o cálculo das tarifas.

Neste contexto, grandes indústrias optam pela cogeração, fonte de energia alternativa criada no final do século XIX e definida como “[...] processo de produção combinada de energia elétrica e térmica, destinando-se ambas a consumo próprio ou de terceiros, com respeito pelas condições previstas em lei [...]” (Brasil, 2005, p. 3). O setor industrial precisa ter uma fonte de energia competitiva e com garantia de continuidade de fornecimento (Mendes & Pinto, 2011). Assim, após o início da operação do gasoduto Brasil-Bolívia em 2000, o gás natural tem sido uma alternativa às indústrias brasileiras (Tavares, 2006).

Desta forma, após estudos de viabilidade, uma indústria cerâmica de grande porte, situada no Espírito Santo (Brasil), construiu sua própria usina de cogeração de energia a partir do gás natural. Em 2008, implantou a primeira turbina e em 2014 ampliou o sistema com uma segunda turbina de cogeração, tornando-se praticamente independente da concessionária local de energia elétrica (Cavalcanti, 2016).

Sendo assim, o presente trabalho visa estudar a eficiência e a viabilidade do sistema de cogeração de energia com turbina a gás natural, implantado nesta indústria cerâmica, considerando os aspectos técnicos, ambientais e econômicos. Para o desenvolvimento deste trabalho foram realizadas revisão bibliográfica, entrevista com o gerente do setor responsável pela implantação da planta de cogeração, levantamento e análise de dados.

2. TIPOS DE ENERGIA ALTERNATIVA NO BRASIL

De acordo com Campanha (1999), energia alternativa é aquela que apresenta uma fonte distinta das fontes tradicionais, sendo que existem diversos tipos como: eólica, solar fotovoltaica, cogeração, entre outras. A energia eólica é produzida por um sistema de aerogeradores, através dos ventos, já a energia solar fotovoltaica é resultado da conversão direta da radiação solar em eletricidade, sendo caracterizada pela diferença de potencial

que ocorre nos extremos de uma estrutura de material semiconductor, produzida pela absorção da radiação (Moreira Júnior 2009, Lopez 2012).

O uso das fontes de energia eólica e solar possui vantagens, por serem fontes de energia limpas e isentas de gases poluentes, renováveis, além de disponibilidade em todo território nacional produzindo menor impacto ambiental. Entretanto, há a variação da produção de energia em função dos fatores climáticos, além de requerem para sua implantação, alto investimento e a uma vasta área, fato que leva grandes indústrias, que visam retorno econômico em médio prazo, a optarem por sistemas de cogeração.

A cogeração é a produção combinada de energia térmica e elétrica, calor de processo e potência elétrica, a partir da energia disponibilizada por um ou mais combustíveis, como óleo, gás natural, biomassa, gás propano ou resíduos industriais, entretanto o gás natural é o combustível que possui maior rendimento (Cardoso 2011, ANEEL 2015). A queima de combustíveis fósseis, nas usinas termelétricas convencionais, possui uma eficiência térmica entre 30 e 40% (Fig. 1), na cogeração, a energia que seria perdida em forma de calor é aproveitada, possibilitando que a eficiência de até 85% (Ferrão & Weber, 2001).

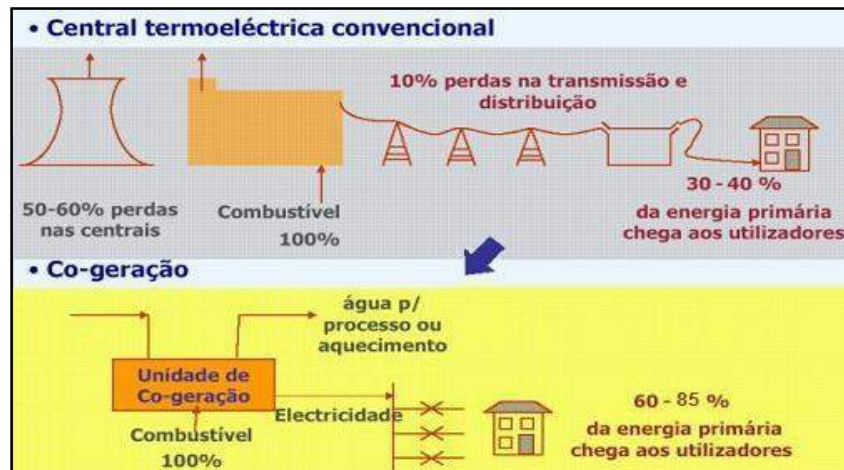


Figura 1. Comparação da Eficiência da Cogeração e Termelétricas Convencionais. Fonte: Sá, 2011.

De acordo com Santos (2010), a cogeração pode ser classificada em dois tipos: *topping* ou *bottoming*. No sistema *topping*, inicialmente é gerado a energia mecânica que aciona um turbogerador (TG), gerando assim a energia elétrica e, posteriormente, a energia térmica advinda dos gases de combustão. No ciclo *bottoming*, ocorre o inverso, primeiro gera-se energia térmica com a queima do combustível e os gases gerados na combustão são utilizados para geração de energia elétrica através de uma turbina a vapor.

No sistema *bottoming*, o calor rejeitado pelos processos industriais apresenta baixa temperatura para produção de energia mecânica, o que leva a menor eficiência quanto a produção de energia elétrica quando comparada ao sistema tipo *topping*, que trabalha com temperaturas mais elevadas obtidas da queima direta de combustíveis. Neste sistema, o rejeito da geração elétrica é aproveitado como calor, que pode usado como uma fonte de energia para equipamentos secadores, principalmente em indústrias cerâmicas, apresentando alta eficiência também no uso da energia térmica.

Para Schechtman (2012), a implantação de uma planta de cogeração numa indústria tem vantagens como: redução do custo com energia; geração de receita através da venda do excedente de energia produzida; maior confiabilidade no fornecimento de energia; redução

da emissão de gases poluentes e maior eficiência energética em relação aos sistemas convencionais. Todavia, o crescimento desta atividade possui algumas dificuldades, visto que há a necessidade de disponibilidade de gás natural próximo ao local e o processo produtivo deve ser próximo à planta de cogeração, para aproveitamento da energia térmica gerada. Além disso, a burocracia, a legislação e a falta de incentivo governamental, também, criam dificuldades no processo de implantação desse sistema.

3. COGERAÇÃO DE ENERGIA EM INDÚSTRIAS

De acordo com Santos (2014), as duas formas mais utilizadas para geração de energia através da cogeração são: turbinas a vapor e turbinas a gás. Entretanto, Dantas *et al.* (2003) afirmam que, com as incertezas na geração e na transmissão de energia elétrica no Brasil, a utilização dos sistemas de cogeração com uso de gás natural, considerando a extensão da sua rede de distribuição, tornou-se uma grande oportunidade econômica, estratégica e tecnológica, principalmente para empresas de médio e grande porte.

As turbinas a vapor são equipamentos que convertem energia térmica em forma de vapor em energia mecânica com a queima de combustíveis como biomassa, óleo diesel, madeira, entre outros, apresentando como vantagem a possibilidade da utilização de qualquer tipo de combustível. Este tipo de sistema possui maior aplicação nos sistemas *bottoming* (Fig. 2) ou em ciclo combinado. O processo nessas turbinas acontece da seguinte forma: o ciclo é iniciado com a pressurização de um fluido, normalmente a água, levando este da caldeira para o gerador de vapor. Nesta fase ocorre a queima do combustível liberando energia térmica que é transferida para o fluido. O vapor expande-se no interior da turbina, fazendo com que a energia de pressão seja transformada em energia cinética, que é transferida as palhetas do rotor fazendo com que ele gire e a transforme em energia elétrica. Após isto, o vapor é retirado da turbina, condensado e o ciclo se repete (Barja, 2006).



Figura 2. Ciclo tipo *Bottoming*. Fonte: Barja, 2006.

Já o sistema de turbinas a gás (Fig. 3), o mais utilizado quando se trata de cogeração de energia, é composto basicamente por compressor, câmara de combustão e turbina de expansão. Este sistema trabalha em ciclo aberto em que o ar atmosférico é comprimido várias vezes pelo compressor e levado para a câmara de combustão, onde é inserido um combustível e se gera fogo. O vapor proveniente desta combustão expande-se de tal forma que é capaz de converter a energia presente em forma de vapor em energia mecânica, possibilitando que o rotor da turbina gire e produza energia elétrica (Barja, 2006).

Segundo Nogueira *et al.* (2004), este último sistema tem como vantagens o baixo custo de instalação, disponibilidade abundante de combustível (gás natural) no mercado, alta eficiência e baixo custo de manutenção, além de reduzir a emissão de resíduos e gases poluentes, quando comparado à cogeração com outros combustíveis.

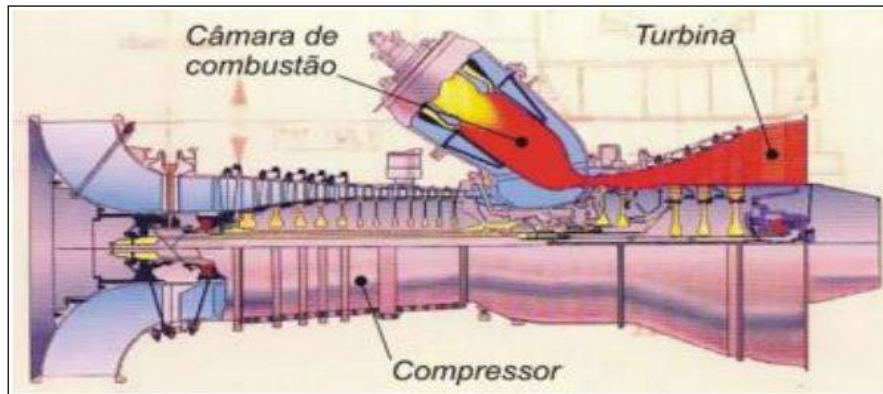


Figura 3. Funcionamento de uma turbina a gás. Fonte: Barja, 2006.

Além disso, os gases gerados pelas turbinas a gás são reaproveitados em alguns processos térmicos como, secadores com automatização e fornos de aquecimento. Para Brasil (2005), a maior vantagem deste sistema em relação à turbina a vapor, é a necessidade de baixa manutenção, pois o fluido utilizado é limpo e em temperatura não muito elevada. Desta forma, se forem realizadas as manutenções preventivas sua vida útil pode ser ampliada em décadas, tornando-a uma tecnologia mais viável na maioria das situações.

4. ASPECTOS LEGAIS E REGULATÓRIOS

De acordo com Barja (2006), um projeto de cogeração é principalmente baseado na análise econômica, porém um fator de grande contribuição para a sua viabilidade é a relação de demanda calor *versus* eletricidade. Na maioria dos casos, a planta é dimensionada para atender toda a demanda térmica do processo industrial, em que a produção elétrica resultante do processo de cogeração, pode ser insuficiente ou superior à sua demanda, tornando a planta de cogeração importadora ou exportadora de eletricidade.

Para estes casos, existe na legislação brasileira um sistema regulatório que ampara as três fases que caracterizam o setor: a produção, o transporte e o consumo de energia (Ricardo, 2010). Assim, para gerar energia de forma terceirizada, é necessária a obtenção de registro ou autorização concedida pela ANEEL e o porte da central geradora está relacionado ao tipo de outorga a ser seguida (Barja, 2006).

Neste contexto, centrais com potência elétrica de até 5 MW, devem apenas fazer o registro do empreendimento na ANEEL, apresentando as características básicas do empreendimento e a identificação de seu proprietário (França, 2008). Entretanto, centrais de cogeração com potência superior a 5 MW, necessitam de uma autorização da União, o que traz a obrigação da comprovação tanto da idoneidade do proprietário quanto das condições operativas da central e de sua conexão à rede (Ricardo, 2010).

Para a instalação da central, é necessária ainda a comprovação da capacidade técnica de três condições fundamentais: disponibilidade do combustível; tecnologia que será utilizada e a conexão da planta com a rede a distribuidora. Após estes procedimentos a empresa estará habilitada a instalar a central geradora de energia elétrica (Barja, 2006).

5. ESTUDO DE CASO: COGERAÇÃO EM INDÚSTRIA CERÂMICA

A indústria cerâmica analisada no trabalho foi fundada em 1998 no Espírito Santo (Brasil) e, atualmente, emprega cerca de 800 funcionários diretos. É uma das mais modernas indústrias de porcelanato e cerâmica do mundo produzindo em média 31.000.000m² de revestimentos por ano (Furtado, 2014). Enquadrada como uma empresa de grande porte, pois produz mais de 500.000m²/mês, a empresa produz 100% dos produtos comercializados, voltados para atender o mercado nacional (Cavalcanti, 2016).

A cerâmica de revestimento constitui um segmento da indústria de transformação, de capital intensivo e tem como atividade a produção de pisos e azulejos. De acordo com Abreu (2001), na indústria de cerâmica de revestimento destacam-se dois tipos de processos produtivos, classificados de acordo com o processo de preparação da massa:

- Via seca – Utiliza as seguintes etapas: a) lavra; b) secagem; c) moagem a seco; d) conformação, decoração e queima. As maiores vantagens desse processo são a redução do custo energético e do impacto ambiental;
- Via úmida – Utiliza as seguintes etapas: a) mistura de várias matérias primas, que são moídas e homogeneizadas em moinhos de bola, em meio aquoso; b) secagem e granulação da massa em “*spray dryer*” (atomizador); c) conformação, decoração e queima. A maior vantagem desse processo é não precisar esperar a secagem da argila pelo sol, conseguindo uma massa mais homogênea.

Segundo Alves (2010), no Brasil aproximadamente 70% dos revestimentos cerâmicos fabricados atualmente são produzidos através da tecnologia via seca. Entretanto, a indústria em estudo possui processo de produção via úmida, e é a única no Estado a produzir revestimento cerâmico nesse processo. O processo de produção via úmida, preponderante em países como Itália e Espanha, além de utilizar mais água no processo, consome também de 1,6 m³ a 1,8 m³ gás natural/m² de revestimento cerâmico, contra 0,9 m³/m² no processo por via seca. Mas, apesar de consumir mais combustível, tem como vantagem de permitir a cogeração de energia, ao aproveitar o ar quente das turbinas a gás para alimentar os atomizadores que evaporam a água das matérias-primas, podendo tornar a indústria autossuficiente em eletricidade, resultando em uma economia média de energia de 30% (Furtado, 2014).

Ainda de acordo com Furtado (2014), nesta indústria, foram instalados dois turbogeradores (TG's) a gás de 5,7 MW, para suprir sua demanda de energia. Este sistema foi extremamente benéfico para a competitividade da indústria de porcelanatos e revestimentos cerâmicos. Além da eletricidade gerada por esse sistema, o processo de secagem da massa atomizada, que anteriormente era feita através da queima de gás natural, passou a ser feito pelos gases de escape gerados pelas turbinas, proporcionando assim uma economia no consumo de gás natural.

Através da utilização de gás natural, a indústria produz energia térmica e elétrica, e até o início do ano de 2015, era suficiente para suprir a demanda do parque fabril, comercializando o excedente da produção. No entanto, em função da ampliação de uma de suas linhas de produção e implantação de novos equipamentos para atender a demanda do processo produtivo, a cogeração supre atualmente entorno de 90% da demanda da fábrica, sendo o restante adquiridos da concessionária local (Cavalcanti, 2016).

6. ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO

Para a implantação da planta de cogeração foram realizados estudos de viabilidade econômica e técnica, regulamentação estatal, além da construção de um local específico e adequado para instalação dos turbogeradores. O estudo de viabilidade técnica determinou o sistema de cogeração a ser empregado na indústria, sendo adotado o Ciclo Brayton (turbina a gás), devido à rede de gás natural (GN) que passa em frente à indústria. Já o estudo de viabilidade econômica envolveu os custos do GN e da energia na concessionária local, a venda do excedente de energia elétrica proveniente da turbina e o custo de GN para a turbina gerar energia, como mostra a Tabela 1 (Cavalvanti, 2016).

Tabela 1. Valores de Energia Elétrica (EE) e Gás Natural (GN) em 2015. Fonte: Adaptada Cavalcanti (2016).

GN compra	25,50 R\$/GJ
EE compra mercado local	118,30 R\$/GJ
EE venda excedente	61,10 R\$/GJ
GN para TG gerar em ciclo aberto	85,00 R\$/GJ

A regulamentação estatal foi considerada o maior entrave do projeto, visto que há necessidade de interação com diversos órgãos estatais, sendo eles: Câmara Comercializadora de Energia Elétrica (CCEE), ANEEL e Distribuidora EDP Escelsa. Na ANEEL, foi solicitada a qualificação de Auto Produtor com Excedentes, a fim de obter o desconto da Tarifa de Uso dos Sistemas Elétricos de Distribuição (TUSD) de 50%, ou seja, quem comprar a energia excedente gerada nessa indústria terá um desconto de 50%, o que torna a energia mais atrativa no mercado (Cavalcanti, 2016).

A definição do local para construir a planta de cogeração considerou a localização dos atomizadores de massa úmida, visto que o gás quente produzido pela turbina é direcionado aos mesmos. Além disso, a tubulação que leva esse ar quente deve ter o menor comprimento possível, a fim de evitar perdas durante o trajeto (Cavalvanti, 2016).

Segundo Cavalcanti (2016), após aprovação dos estudos, em outubro de 2008 foi instalada a primeira turbina no parque fabril. A Tabela 2 demonstra o resumo do investimento feito para a implantação do Turbogenerador.

Tabela 2. Resumo do Investimento TG (Valores referentes ao ano de 2007). Fonte: Adaptada Cavalcanti (2016).

Preço Turbogenerador CIF	3.084.619 US\$
Preço Sistema Elétrico	1.000.000 US\$
Gases Quentes (10m + Chaminé)	160.000 US\$
Obra Civil	300.000 US\$
INVESTIMENTO TOTAL	4.544.619 US\$
INVESTIMENTO TOTAL EM REAIS + IMPOSTOS	15.906.168 R\$

Nota: cotação média do dólar considerada no período = R\$ 2,15

Com a instalação deste turbogerador, a fábrica passou a produzir cerca de 58% da energia total consumida/mês, sendo o restante proveniente do mercado de energia. Além do aproveitamento de 60% da energia térmica para evaporação da água da massa no atomizador. Como demonstra a Tabela 3, o projeto foi satisfatório à economia da indústria, proporcionando um retorno de investimento de 4 anos. Com a receita positiva gerada pelo projeto, a indústria pôde investir em novas tecnologias de produção, a fim de aprimorar a qualidade de seus produtos e manter a competitividade no mercado (Cavalvanti, 2016).

Tabela 3. Análise Econômica do Projeto. Fonte: Adaptada Cavalcanti (2016).

Investimento Total	R\$ 15.906.168
Receitas Geradas	R\$ 16.397.436/ano
Despesas Operacionais	R\$ 12.557.054/ano
Economia Anual	R\$ 3.840.382/ano
Financiamento (15 anos/10%aa)	R\$ 1.777.557/ano
Resultado após financiamento	R\$ 2.062.825/ano
TEMPO DE RETORNO SIMPLES = 4 anos	

Devido aos resultados positivos da planta de cogeração, a necessidade de ampliação da fábrica e o valor da energia elétrica no mercado cada vez mais alto, a indústria investiu em novos estudos para implantação de uma segunda planta de cogeração, inaugurada em setembro de 2014. Com a implantação do segundo turbogerador, por um tempo, a fábrica chegou a produzir 100% da energia total consumida, porém, devido às ampliações ocorridas ao longo do ano de 2015, esse percentual passou 90%, sendo o restante importado da concessionária local, como demonstra a Tabela 4 (Cavalcanti, 2016).

Tabela 4. Cogeração após implantação do segundo Turbogenerador. Fonte: Adaptada Cavalcanti (2016).

Demanda da fábrica	12.000 kW
Demanda Gerada TG01 + TG02	10.100 kW
Energia Gerada pelos TG's	7.400 MWh/mês
Energia consumida pela fábrica	7.500 MWh/mês
Energia Importada	100 MWh/mês

A Figura 2 demonstra a localização dos turbogeradores, nomeados de TG-01 e TG-02 respectivamente, em relação aos atomizadores. Observa-se que os gases quentes provenientes do TG-01, utilizados para o processo de secagem da massa úmida, alimentam o atomizador com capacidade de 140 toneladas, e o gases gerados no TG-02 alimentam o atomizador com capacidade de 90 toneladas (Cavalcanti, 2016).

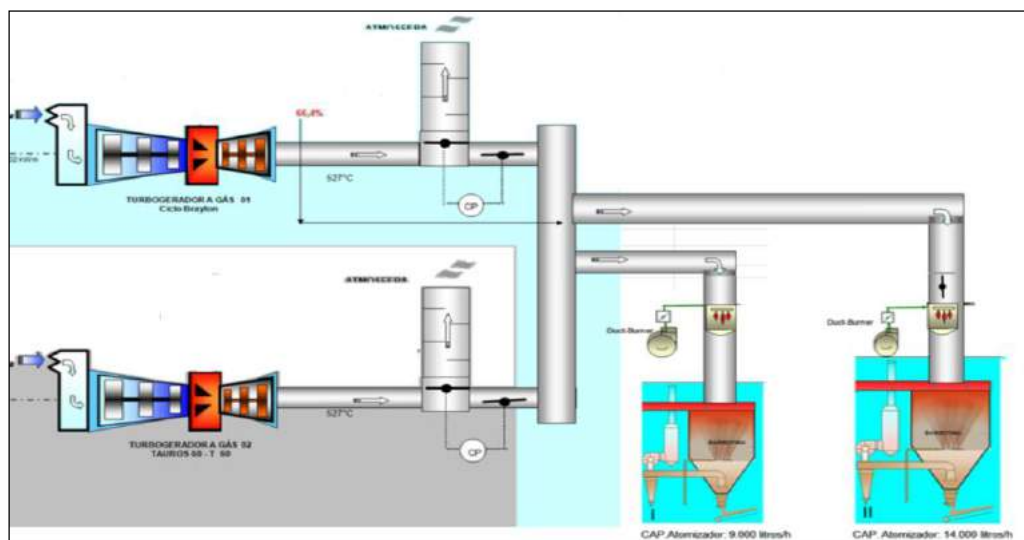


Figura 2. Planta de Cogeração. Fonte: Cavalcanti, 2016.

Cada turbogerador possui uma saída de ar para atmosfera, que é utilizada quando os atomizadores não utilizam toda energia térmica gerada pelas turbinas, então a energia excedente é jogada para a atmosfera.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, observa-se que a cogeração apresenta-se como uma tecnologia de produção combinada entre energia elétrica e energia térmica, que proporciona diversos benefícios e que podem, essencialmente, ser categorizados em econômicos, sociais e ambientais.

Na indústria estudada, a escolha do sistema *topping* de cogeração contribuiu para o sucesso da implantação, tendo em vista que este sistema gera, através do turbogerador à gás (TG), energia elétrica, aproveitando o ar quente das turbinas (energia térmica) para alimentar os atomizadores que evaporam a água das matérias primas, economizando combustível para este fim.

A utilização da energia térmica para secagem da massa úmida é um ponto relevante, visto que antes era necessário utilizar a queima do gás natural para secagem da massa, elevando o custo da produção. Já as turbinas a vapor, sistema *Bottoming*, não seriam tão eficientes neste caso pois o calor rejeitado pelos processos industriais apresenta baixa temperatura para produção de energia mecânica, levando a menor eficiência quanto a produção de energia elétrica quando comparada ao sistema tipo *topping*. Logo, para indústrias de cerâmica que utilizam a massa úmida no processo de produção e possuem uma alta demanda de energia elétrica no parque fabril, a implantação da planta de cogeração no sistema *topping* pode ser muito vantajosa.

Outro fator determinante para a escolha do tipo de turbina a ser implantada foi a presença da tubulação de distribuição de gás natural sob a via em frente à indústria. Além disso, a disponibilidade de um local próximo aos atomizadores para a locação dos turbogeradores também foi de extrema importância, visto a necessidade do máximo aproveitamento da energia térmica gerada, aspecto relevante na implantação da planta de cogeração.

Com a geração combinada de energia elétrica e térmica, depois de implantados os dois turbogeradores, a indústria chegou a ser autossuficiente em energia elétrica por um tempo, porém, devido às ampliações na fábrica, nos dias atuais produz cerca de 90% da energia consumida. Notou-se que, apesar do alto investimento inicial, o retorno financeiro é de aproximadamente quatro anos, o que é extremamente benéfico para a empresa. Além disso, a energia advinda da concessionária muitas vezes apresentava falhas durante a transmissão, gerando transtornos na produção, desligamento de máquinas e, conseqüentemente, prejuízos. Logo, a implantação da planta de cogeração resultou na redução de paradas na linha de produção, redução de gastos com energia, com conseqüente aumento do lucro da empresa, além da utilização de uma energia menos poluente, preservando desta forma o ambiente. Esta economia pôde ser revertida em ações para melhoria da qualidade de vida das pessoas diretamente ligadas às atividades da produção dos revestimentos cerâmicos, bem como para o *marketing* da empresa.

REFERÊNCIAS

- Abreu, Y. V. Estudo Comparativo da Eficiência Energética da Indústria da Cerâmica de Revestimento Via Úmidano Brasil e na Espanha. 2001. 135 f. *Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2001.*
- Agência Nacional De Energia Elétrica. Energia Hidráulica. Brasília: ANEEL. (13 p. – Atlas de Energia Elétrica do Brasil, Parte II – Fontes Renováveis). Disponível em:

- <http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par2_cap3.pdf>. Acesso em: 14 de out. 2015.
- Alves, H. J.; Melchades F. G.; Brito, H. B. De.; Boschi A. O. *Análise do Consumo de Energia Térmica no Setor Brasileiro de Revestimentos Cerâmicos*. Cerâmica Industrial, São Paulo, v. 15, n. 4, p. 9-10, julho/ago. 2010.
- Barja, G. de J. A.. A cogeração e sua inserção ao sistema elétrico. 2006. 157f. *Dissertação (Mestrado em Ciências Mecânicas) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Mecânicas, Universidade de Brasília, Brasília, 2006*.
- Brasil, N. P. Apostila de Cogeração. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: http://www.professores.uff.br/dulcemar/Doc_PDF/Apostila_Cogeracao_Otima.pdf.> Acesso em: 18 nov. 2015.
- Campanha, V. *Fontes de Energia*. São Paulo: Harbra, 1999. 48 p.
- Cardoso, T. F. Cogeração de energia através do bagaço de cana-de-açúcar: revisão de literatura. 2011. 22f. *Dissertação (Mestrado em Gestão de Produção Sucoenergética) – Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 2011*.
- Cavalcanti, M. F. di. Cogeração de Energia [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <marcello.cavalcanti@biancogres.com.br> em 03 de abr. 2016.
- Dantas, F.; Guimarães, M.; Morales, M. E.; Henriques, M. Avaliação de modelos de sistemas de cogeração de energia utilizando gás natural para médias e pequenas empresas. In: *2º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás*, 2003, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro, 2003.
- Ferrão, P. D. M.; Weber, F. A. Cogeração: Uma abordagem Socioeconômica. In: *XXIX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA (COBENGE), 2001, Rio Grande do Sul*. Anais... Rio Grande do Sul, 2001.
- França, C. S. Viabilidade econômica de um projeto de cogeração via um turbogerador de eletricidade. 2008. 78 f. *Monografia - Departamento de Ciências Econômicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2008*.
- Furtado, M. *Uma solução para cada cerâmica*. Rio de Janeiro: Editora Brasil Energia, 2014.
- Lopez, R. A. *Energia Solar para produção de eletricidade*. São Paulo: Artliber Editora, 2012.
- Mendes, A. L. S., Pinto, M. de M.. Autoprodução e Produção Independente de Energia Elétrica a partir de Fontes Renováveis no Brasil. In: *VI Encontro Nacional e IV Encontro Latino-americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis*, 2011, Vitória. Anais... Vitória, 2011.
- Moreira Júnior, F. D. Viabilidade técnica/econômica para produção de energia eólica, em grande escala, no Nordeste brasileiro. 2009. 53 f. *Monografia – Programa de Pós-Graduação Lato Sensu em Formas Alternativas de Energia, Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2009*.
- Nogueira, L. A. H.; Carvalho, F. Da R.; TEIXEIRA, F. N. *Disseminação de Informações em Eficiência Energética – Cogeração*. Rio de Janeiro, 2004.
- Oliveira, M.H. da F. Avaliação do consumo de energia elétrica do setor residencial brasileiro: propostas de ações governamentais para o aumento de sua eficiência. 2014. 186f. *Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, 2014*
- Palz, W. *Energia Solar e fontes alternativas*. Curitiba: Hemus livraria, distribuidora e editora, 2014.
- Ricardo, G. H. P. Uso da biomassa de cana-de-açúcar para geração de energia elétrica. 2010. 45 f. *Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica com ênfase em Sistemas de Energia e Automação) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010*.
- SÁ, A. F. R. de. Cogeração: A produção combinada e descentralizada. *O Eletricista*, p. 38. Lisboa (Portugal). 2011.
- Santos, I. F. Simulação de arranjos cogeneradores visando análise energética e viabilidade econômica. 2010. 96f. *Monografia (Mestrado em Engenharia da Energia) – Universidade Federal de São João Del Rei, Minas Gerais, 2010*.
- Santos, M. I. C. dos. Um modelo para a otimização da cogeração de calor e eletricidade em uma planta industrial. 2014. 98f. *Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2014*.
- Schechtman, R. Desafios à Cogeração a Gás Natural no Brasil. In: *WORKSHOP ABEGÁS, 2012, Rio de Janeiro*. Anais... Rio de Janeiro, 2012.
- Tavares, P.C.C. Cogeração na expansão: A expansão sob a ótica da cogeração de energia. *Opiniões, Ribeirão Preto (SP)*, p. 30, out/dez. 2006.



Inovação e integração de sistemas bioclimáticos em arquitetura para clima temperado: Perspectivas futuras

Fabrizio Tucci

Universidade 'La Sapienza' di Roma, Dipartimento di Pianificazione Design Tecnologia dell'Architettura, Roma, Italia
fabrizio.tucci@uniroma1.it

Ingrid Fonseca

Universidade 'La Sapienza' di Roma, Dipartimento di Pianificazione Design Tecnologia dell'Architettura, Roma, Italia
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Grupo de Estudos em Arquitetura, Conforto Ambiental e Eficiência Energética, Rio de Janeiro (RJ), Brasil
ingrid.c.l.fonseca@gmail.com

RESUMO: Com objetivo de atingir níveis cada vez maiores de eficiência energética em edificações, profissionais da arquitetura e engenharia buscam constantemente o aprimoramento de soluções que permitam alcançá-los. Após um percurso de pesquisas e aplicações de estratégias de modo individual, hoje sabe-se da importância de usá-las de modo combinado, como medida mais eficaz. Assim, a prática da arquitetura bioclimática aliada à incorporação de tecnologias para integração das energias renováveis em edificações possibilita nos aproximarmos do conceito de NZEB (*Nearly Zero-Energy Building*), introduzido pela Comunidade Europeia em 2010, que se refere a edifícios com consumo energético muito baixo ou quase nulo. Soma-se a isso a importante necessidade da continuidade de investimento em técnicas inovadoras e programas de incentivo para tal. O artigo, fruto de pesquisa de pós-doutoramento em andamento na *Università "La Sapienza" di Roma* em parceria com o AMBEE/UFRJ, tem como objetivos principais evidenciar a importância: (i) da integração de estratégias e tecnologias aplicáveis a clima temperado de modo combinado na busca dos NZEB; (ii) de pesquisas e programas de incentivos para tal. Para isso delineou-se a metodologia, apresentando inicialmente as estratégias passivas recomendadas para redução do consumo energético e as principais tecnologias para aproveitamento de fontes renováveis de energia. Na sequência, apresenta e discute medidas de incentivo na busca dos NZEB, considerando a integração das estratégias apontadas. Como resultados principais, tem-se a comprovação da eficiência da integração dos sistemas, destaca-se o papel do invólucro arquitetônico como filtro seletivo e polivalente e a necessidade de integração dos diversos atores envolvidos nesta busca.

Palavras-chave *Eficiência energética, Integração de sistemas passivos, Inovação, Edifícios a consumo de energia quase zero (NZEB).*

1. INTRODUÇÃO

O cenário de crise ambiental global exigiu dos profissionais da arquitetura e engenharia uma importante mudança de atitude ao projetar e construir de modo a perseguir o objetivo de redução de consumo pelas edificações. E neste contexto a tecnologia passou a ter papel fundamental, não mais como aquela capaz de possibilitar que todo e qualquer edifício em qualquer contexto climático pudesse funcionar de modo adequado e gerar condições ótimas de conforto ambiental, ainda que a um alto custo energético e econômico. Mas de modo diverso, diante da necessidade de redução de consumo de energia, esta passou a ter papel relevante como aquela capaz de oferecer recursos e conhecimentos específicos para o desenvolvimento de métodos e ferramentas que, através de pesquisas e de modo aplicado, favoreçam a eficiência no uso de energia. E na área de conhecimento da tecnologia, vencer o desafio de projetar edifícios eficientes encontra seu espaço e possibilidades talvez como em nenhuma outra área de pesquisa e atuação, fazendo dela uma importante aliada nesta busca.

Quando a crise energética atingiu seu ápice fomos obrigados a reduzir sua demanda pelas edificações e incorporar definitivamente práticas sustentáveis com atenção ao ciclo de vida da cadeia construtiva. Inicialmente, a redução da demanda de energia nos fez voltar a atenção à prática da arquitetura bioclimática, tirando partido dos recursos naturais para promoção do conforto dos usuários e conseqüente redução da dependência de energia, numa retomada dos princípios da arquitetura vernacular, aquela que se aproveita dos recursos locais para oferecer condições de habitabilidade, e da qual a própria tecnologia, através de recursos artificiais, nos levou a um distanciamento.

Num avanço da prática da arquitetura bioclimática complementada pela especificação de equipamentos eficientes para a redução de consumo de energia, houve uma evolução nos métodos e tecnologias capazes de promover a exploração de energias renováveis para redução ainda maior deste consumo. Dentre tais tecnologias destacam-se a instalação de painéis solares para aquecimento de água, numa redução da necessidade de energia elétrica para tal fim; painéis fotovoltaicos para geração direta de energia elétrica; e o uso da geotermia superficial, aquela que através de condutores enterrados possibilita seja o resfriamento ou o aquecimento de ambientes devido à temperatura mais estável do subsolo.

Estas tecnologias tornaram viável o projeto de edificações que funcionem de modo autônomo, capazes de gerar sua própria energia para consumo, tornando-se este um objetivo perseguido em novos projetos, especialmente após 2010, quando a Comunidade Europeia, através da Diretiva 2010/31 EU (2010b, 2012), introduziu o conceito de NZEB (*Nearly Zero-Energy Building*), referente a edifícios com consumo energético muito baixo ou quase nulo e estabeleceu uma meta de redução deste consumo em 20% até 2020, reforçando a ideia da geração de organismos energeticamente independentes.

Tais solicitações da parte da CE - que incluem ainda exigência de avaliação relativa ao uso das energias renováveis em novos projetos - e o incentivo a edificações autônomas, alavancaram as pesquisas acadêmicas e encorajaram a experimentação de tecnologias e práticas inovadoras, seja de modo isolado como forma de individualizar suas eficiências, seja integrando diversas estratégias na busca de maior eficiência global, mostrando-se esta mais eficiente em relação à adoção de estratégias de modo isolado.

O artigo - fruto de pesquisa de pós-doutoramento em andamento na *Università "La Sapienza" di Roma* em parceria com o Grupo de Estudos em Arquitetura, Conforto Ambiental e Eficiência Energética da UFRJ - tem como objetivos principais evidenciar a importância: (i) da integração de estratégias e tecnologias aplicáveis a clima temperado de modo combinado na busca dos NZEB; (ii) de programas de incentivos para tal. Com tal finalidade foi delineada a metodologia. Inicialmente, são apresentadas as estratégias passivas recomendadas para redução do consumo energético em tal contexto climático e as principais tecnologias para aproveitamento de fontes renováveis de energia. Na sequência, são apresentadas e discutidas medidas de incentivo na busca dos NZEB, considerando a integração das estratégias apontadas.

2. ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS PRINCIPAIS RECOMENDADAS PARA CLIMA TEMPERADO

A adoção das corretas estratégias projetuais bioclimáticas é de extrema importância para o sucesso do projeto arquitetônico que visa garantir conforto aos usuários, com baixo consumo energético e para isso o conhecimento do clima local tem papel primordial. Em clima temperado, tais estratégias podem ser definidas basicamente em razão da correção das condições de desconforto tanto no inverno quanto no verão, tornando este tipo de arquitetura mais complexa por ter que se adaptar a diferentes situações ao longo do ano (Serra 1999).

Abrangendo predominantemente uma faixa de latitude entre 30° e 60°, o clima temperado possui como característica geral temperatura média do ar dos meses mais frios compreendidas entre -3°C e 18°C, temperatura média do mês mais quente acima de 10°C (Köppen & Geiger 1928) e uma boa definição das estações com invernos e verões mais pronunciados de acordo com a localização em relação à costa (Hausladen *et al.* 2012). De acordo com a latitude, diferentes especificidades climáticas se delineiam (por exemplo, mais ou menos disponibilidade de radiação solar e seus consequentes valores de temperatura e diferenciações quanto à exposição das fachadas), definindo estratégias particulares (Hausladen *et alli.* 2012).

A necessidade de atender às exigências resultantes das variações anuais demanda por construções que sejam facilmente adaptáveis à amplitude anual de temperatura e para isso edifícios requerem muita energia, tanto para aquecimento como para resfriamento. De modo geral destacam-se como principais estratégias passivas: ventilação natural seja para resfriamento (em períodos quentes) que para a manutenção da qualidade do ar (em períodos frios); e aquecimento passivo (para períodos frios). Tem-se ainda como medida importante evitar perdas por dispersão e controle da infiltração de ar nos períodos frios e controlar os ganhos solares passivos e internos nos períodos mais quentes.

2.1 Ventilação e resfriamento passivo

De um modo geral, em clima temperado a ventilação natural é possível em quase todo o ano (Hausladen *et alli.* 2012). No verão assume papel importante para o resfriamento natural dos ambientes garantindo conforto térmico e no inverno para manutenção da qualidade do ar, garantindo boas condições de higiene e saúde (Tucci 2012). Diversas são as estratégias para o aproveitamento da ventilação natural em clima temperado, tendo como exemplos

principais: caminho de vento ou efeito chaminé - aquele provocado por diferença de temperatura do ar, princípio presente nos projetos de átrios bioclimáticos onde, cobertos por superfícies envidraçadas permitem o aquecimento no inverno e estas, desde que com aberturas, permitem a circulação de ar no verão (Fig. 1); ventilação cruzada - possível através do correto posicionamento e dimensionamento de aberturas, e provocada pela diferença de pressão do ar, que também requer a flexibilidade de modo a atender às solicitações de conforto e higiene seja no verão ou inverno (Fig. 2).



Figura 1. Átrio bioclimático com ventilação natural por efeito de diferença de temperatura (efeito “tipo chaminé”) – em inverno e verão. Fonte: Tucci, 2012



Figura 2. Ventilação natural por efeito de diferença de pressão (ventilação cruzada) – em inverno e verão. Fonte: Tucci, 2012

Ressalta-se que em períodos quentes faz-se importante a exploração da ventilação noturna para resfriamento, tirando partido, através da amplitude térmica diária, da temperatura do ar mais baixa nas horas noturnas.

2.2 Aquecimento passivo

Como estratégia passiva principal para períodos frios em clima temperado, destacamos os sistemas solares passivos para ganho térmico, seja por: radiação direta, como o efeito serra através de vidros corretamente especificados e protegidos de modo a evitar dispersão noturna ou aquecimento em períodos quentes (Fig. 3); ou por ganhos indiretos, como o armazenamento em massa térmica ou muro trombe (Figs. 4 e 5) (Tucci 2014).



Figura 3. Ganho solar direto através de envidraçados para período de inverno. Fonte: Fanou, 2007



Figura 4. Efeito de acúmulo de calor em massa térmica em período de inverno. Fonte: Fanou, 2007



Figura 5. Comportamento do efeito da massa térmica em período de verão. Fonte: Fanou, 2007

Desta forma, no que se refere ao máximo aproveitamento dos recursos naturais para o projeto bioclimático são essenciais a correta implantação e exposição, seja aos ventos predominantes que à radiação solar. Faz-se ainda importante adotar medidas complementares ao projeto bioclimático para conservação de energia, como escolha de materiais apropriados (atendendo às normativas locais), atendimento à recomendação de isolamento com particular atenção às trocas térmicas pelo contato com o solo.

3. USO DE FONTES RENOVÁVEIS EM CLIMA TEMPERADO

Aliado e incorporado às estratégias acima descritas, tem-se o uso de fontes de energia renováveis, que tirando partido das condições naturais também exploradas pelas estratégias passivas, vem cumprir papel relevante neste contexto que objetiva a redução de consumo energético a níveis mínimos. Destacam-se como fontes renováveis principais a serem exploradas em projetos de edificações: a energia solar, que se aproveita do sol seja para aquecimento de água que para geração de energia elétrica; e a geotermia, que tira partido das condições de temperatura mais estável do subsolo especialmente nas camadas superficiais e, portanto, mais adequadas ao nível do edifício.

De acordo com BPIE - Buildings Performance Institute Europe (2011a) um dos desafios dos NZEB, porém, é lidar adequadamente com as disparidades locais e temporais de produção de energia renovável, necessário a fim de, por um lado, maximizar a participação das energias renováveis e reduções de emissões e, por outro lado, garantir um desenvolvimento sustentável dos sistemas de aquecimento e refrigeração locais. A seguir são descritas de modo sucinto tais fontes de energia renovável exploradas ao nível do edifício.

3.1 Geotermia superficial e a importância da integração das áreas de conhecimento

O princípio do uso da geotermia para o condicionamento passivo de edificações, chamados sistemas de condutores subterrâneos ou tubos enterrados, se baseia no fato de que a temperatura do subsolo a poucos metros de profundidade tende a ser mais amena e, em determinadas profundidades, mais estável que a temperatura do ar exterior, com amplitudes de cerca de 1°C a 2°C ao longo do ano, de acordo com Neto & Voltani (2013). Assim, em períodos quentes, a temperatura tende a ser mais fresca e, em períodos frios, tende a ser menos agressiva (Fig. 6).

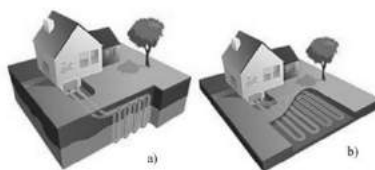


Figura 6. Instalações vertical (a) e horizontalmente (b) dispostas no terreno. Fonte: Juvêncio 2011

De acordo Nogueira & Pralon (2011), dados experimentais mostraram que a poucos metros de profundidade (a partir de 2,00m, em alguns casos) a temperatura do solo é praticamente igual à temperatura média anual do ar ambiente no respectivo local, o que causa uma redução do consumo energético para que sejam alcançadas temperaturas de conforto, tendo seu rendimento incrementado especialmente em locais com grande amplitude térmica anual.

Os sistemas podem funcionar naturalmente (com captura do ar exterior) ou com auxílio de bombas de calor para regular a temperatura do ar interno aos níveis de conforto. Para um perfeito rendimento e possibilidade de aproveitamento da energia geotérmica em edifícios é essencial a integração também entre áreas de conhecimento da arquitetura (que a considerará já nas fases preliminares de projeto), geologia (que fornecerá informações sobre o solo e conseqüente viabilidade para implementação) e engenharias (que projetarão as instalações também desde as fases iniciais de concepção).

3.2 Células fotovoltaicas e painéis termo solares integrados à arquitetura

Estratégias dos painéis solares, seja para aquecimento de água, seja para geração de energia elétrica tem sua aplicação difundida em países de clima temperado, mesmo em condições não tão favoráveis de radiação quando comparados àqueles de clima quente. Na Alemanha, por exemplo, onde foram adotados programas de incentivo, o uso de painéis alcançou resultados excelentes e, atualmente, muitos de seus edifícios geram mais energia do que aquela suficiente a seu próprio consumo.

Diversas são as tipologias de células captadoras de energia solar para o uso em arquitetura, de acordo com rendimento e composição e atualmente, assumiram um papel multifuncional, conforme definição da *Scuola Universitaria Professionale della Svizzera Italiana* (Bonomo & Frontini 2015) como parte integrante da arquitetura e componente arquitetônico (como vidro, telhas, e outros). Os pesquisadores Scognamiglio & Røstvik (2013), apontam também para a difusão dos sistemas BIPV (Building Integrated Photovoltaics) multifuncionais e ilustraram (Fig. 7) as formas conceituais de integração de fotovoltaicos nas edificações, elaboradas pelo *The Solar Heating and Cooling Programme* (SHC) da *International Energy Agency* (<http://www.iea-shc.org/>). A imagem a) ilustra o caso de painéis usados como um elemento técnico adicionado à edificação, mas não integrado a ela. A imagem b) representa um elemento com dupla função, se aproximando do multifuncional, ou seja, que acumula a função de captador de energia e, neste caso, de um elemento arquitetônico de sombreamento. A imagem c) representa um captador solar como uma estrutura independente, porém com impacto expressivo na forma arquitetônica. Nas imagens d) e e), as superfícies de captação se integram em parte ou totalmente ao invólucro, representando também um elemento multifuncional. Por fim, a imagem f)

representa uma forma arquitetônica projetada para otimizar a captação de energia solar, que não se enquadra em nenhuma das anteriores.

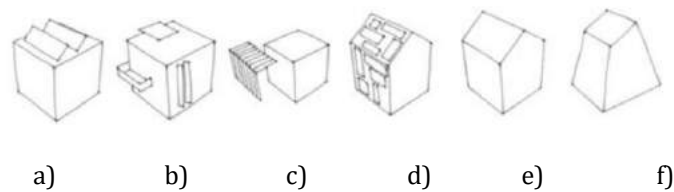


Figura 7. Modos de inserção de superfícies captadoras de energia solar na edificação. Fonte: Scognamiglio e Røstvik, 2013

4. AÇÕES DE INCENTIVO E PESQUISAS RUMO AOS EDIFÍCIOS NZEB

Destacamos algumas ações que vem sendo realizadas, no âmbito da inovação e integração das estratégias e tecnologias descritas. No que se refere ao uso da geotermia para condicionamento do ar interno, programas de pesquisa e incentivo ganharam evidência nos últimos anos. Na Espanha, apesar da investigação do potencial geotérmico ter sido iniciada com a crise do petróleo de 1973, o Programa GEOT-CASA (<http://www.idae.es/>), representou um marco do Plano de Energias Renováveis no país para 2005-2010 e teve como objetivo estender o uso da geotermia em edificações, financiando instalações geotérmicas em edifícios.

Em Portugal, em 2013, foi criada a Plataforma Portuguesa de Geotermia Superficial - PPGS (<http://www.adene.pt/>), uma parceria interinstitucional com missão de desenvolver ações que permitissem o progresso do aproveitamento da geotermia superficial, tanto a nível científico como aplicado, tendo como objetivos divulgar o tema, promover o diálogo na comunidade e auxiliar na elaboração de legislação. Hoje, a plataforma ganhou relevância na área, realiza seminários e seu conteúdo pode ser acessado através da página <http://www.ppgs.pt>. O projeto europeu Ground-Med (<http://www.groundmed.eu/>), e seus diversos projetos associados, reúne Universidades da Europa, institutos de pesquisa, empresas do ramo, associações industriais e consultores, para avaliar o impacto desta tecnologia em regiões junto ao Mediterrâneo. Foram realizados estudos em oito protótipos instalados em sete países (Portugal, França, Romênia, Slovênia, Espanha, Grécia e Itália) e diversas publicações disponíveis no site do projeto apresentam os resultados sobre a redução do consumo de energia pelo uso da geotermia quando comparada aos sistemas convencionais para condicionamento do ar, comprovando sua eficiência em climas mais amenos.

No âmbito da energia solar, destacamos o projeto Construct-PV (www.constructpv.eu), financiado pela Comissão Europeia, que tem como objetivo desenvolver e demonstrar o uso de sistemas fotovoltaicos integrados (BIPV) para as superfícies opacas do invólucro edilício com características personalizáveis, eficientes e a baixo custo. Os sistemas Construct-PV são caracterizados pela multifuncionalidade e, integram promissoras tecnologias seja à escala de células solares que de módulos, resultando-se atrativas seja para o mercado da construção que aquele fotovoltaico. O projeto é baseado em uma abordagem integrada que envolve ativamente os diversos atores do processo e a ele estão correlacionados diversos

outros projetos, dentre os quais destacamos os da IEA *Solar Heating & Cooling Programme* – SHC (<http://www.task41.iea-shc.org/>), de pesquisas sobre uso de energia solar térmica.

O Centro de Competência Suíço BiPV – *Building Integrated Photovoltaics* (<http://www.bipv.ch/>), criado em 2005 dentro do Instituto para a Sustentabilidade Aplicada ao Ambiente Construído (*Institute for Applied Sustainability to the Built Environment* - ISAAC), tem como meta combinar as competências do Departamento de Arquitetura da Universidade de Ciências Aplicadas e Artes do Sul da Suíça (SUPSI) com o do ISAAC oferecendo uma nova e adequada abordagem dos fotovoltaicos na arquitetura. Grupos de pesquisa do SUPSI focam seus estudos em sistemas de invólucros inovativos para edifícios energeticamente eficientes e em invólucros solares ativos (*Building Integrated Photovoltaics*). São dedicados, dentre outros, ao desenvolvimento, análise e experimentação de soluções inovadoras e sustentáveis para sistemas de invólucro edifício multifuncionais, adequados ao projeto de edifícios energeticamente eficientes e sistemas de fachadas multifuncionais que integrem diversas tecnologias.

A combinação entre energia solar e bombas de calor compondo um sistema único é uma tecnologia que se mostra promissora para incrementar ainda mais a eficiência no uso da energia em edifícios e tal investigação vem sendo conduzida pelo SHC da IEA (<http://task44.iea-shc.org/>).

Programas de monitoramento também tem sido postos em prática de modo a gerar um panorama das construções. Um exemplo é o ZEBRA2020 Data Tool (<http://www.zebra-monitoring.enerdata.eu/>), cujo objetivo é criar indicadores e informar sobre os melhores casos na Europa, apresentando as tecnologias recorrentes, materiais e estratégias. Complementando as ações de pesquisa e ferramentas de monitoramento e indicadores, definições, regulamentações e políticas de incentivo têm sido pensadas e postas em prática num movimento global rumo aos NZEB, segundo o BPIE. Como exemplo de sucesso, destacamos a Alemanha, onde o código de construção nacional (EnEV), leis sobre renováveis em edifícios (EEWärmeG) e aquela que regula as tarifas de energias renováveis *on grid* (EEG) coexistem e os investidores precisam cumprir todos os regulamentos relacionados (BPIE, 2011a). Desta forma, segundo o *The Buildings Performance Institute Europe* - BPIE (<http://bpie.eu/>), para apoiar a implementação NZEB seria útil para mesclar os regulamentos para a energia renovável com os regulamentos de construção existentes ou alargar o âmbito dos regulamentos de edifícios existentes através da introdução de requisitos de energia renováveis.

Na esfera acadêmica, destacam-se as pesquisas conduzidas pela Universidade “*La Sapienza*” di Roma que, com grande atenção a aspectos experimentais e práticos, usam em edifícios residenciais públicos de baixo custo, condutores enterrados combinados a outras estratégias bioclimáticas, de modo a favorecer condições de conforto térmico do organismo edificado (Battisti & Tucci 2012). Destaca-se também o trabalho realizado pelo arquiteto e pesquisador Pietro Mencagli (2015), sobre o importante papel do invólucro como filtro dinâmico capaz de regular condições ideais de conforto e eficiência, as chamadas fachadas híbridas, com papel passivo (na medida em que otimiza o aproveitamento dos recursos bioclimáticos e é dinâmica de acordo com alterações das condições naturais) e ativo (no momento em que agrega tecnologias para incrementar a prestação energética), aliadas à

criteriosa seleção de materiais inovativos - como aqueles de mudança de fase (PCMs) - para atender demandas específicas.

5. CONCLUSÕES

Após um percurso de pesquisas e aplicações de estratégias bioclimáticas e de tecnologias para aproveitamento das energias renováveis de modo individual, hoje sabe-se da importância de fazer uso delas, mas de modo integrado, como medida mais eficaz na busca da redução do consumo energético e vislumbrando edifícios orientados pelo conceito NZEB. A utilização da geotermia superficial, de baixa entalpia, para uso direto para climatização de ambientes mostra resultados positivos, colaborando para a manutenção das condições de conforto térmico com redução do consumo energético e das emissões de poluentes pelas edificações. Em muitos casos, são capazes de substituir por completo os sistemas até hoje considerados convencionais para condicionamento do ar. E, mesmo que não supram integralmente a demanda de condicionamento, podem ser usados compondo sistemas híbridos, reduzindo a dependência dos sistemas artificiais. Os sistemas de tubos enterrados horizontalmente, por dispensarem perfurações a grandes profundidades, o que impacta diretamente nos custos do sistema, parecem merecer maior atenção dos pesquisadores e de parcerias interdisciplinares e interinstitucionais, para que sua aplicação seja cada vez mais viabilizada.

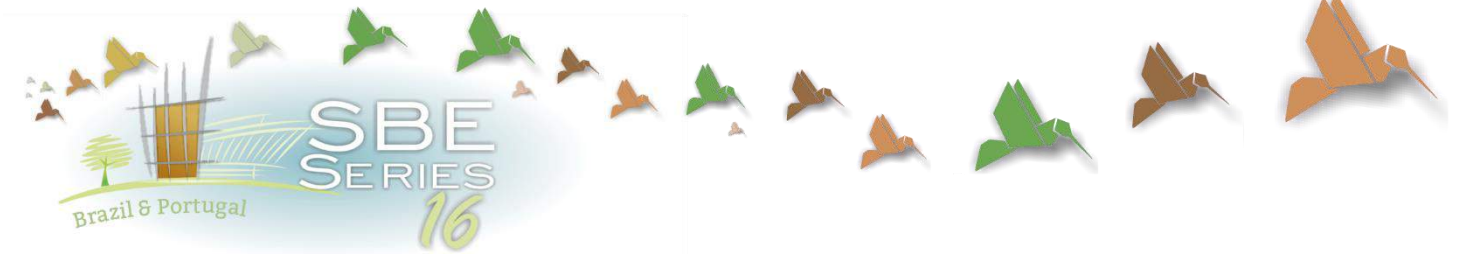
No referente ao aproveitamento da energia solar, busca-se eficiência cada vez mais alta das células e tecnologias novas, onde a promessa é a possibilidade de 100% de integração na arquitetura, dada a atual flexibilidade e capacidade de harmonizar-se com elementos da construção ao mesmo substituí-los, assumindo papel multifuncional. Porém, deve-se atentar para uma prática coerente, pois sempre haverá a necessidade de estudos e cálculos para amparar o rendimento da estratégia, uma vez que orientação e posicionamento de placas e células implicam diretamente da eficiência do sistema.

O papel do invólucro arquitetônico vem progressivamente ganhando destaque na experimentação contemporânea e seu tratamento passa de barreira protetora ao complexo sistema filtro seletivo e polivalente. Neste contexto, vem sendo aprofundadas as experimentações referentes à evolução de fachadas e coberturas e a complexidade dos sistemas e soluções tecnológicas e das suas respectivas prestações ecológicas, bioclimáticas e energéticas, tendo como consequência uma ampliação da fronteira de experimentação tecnológica sobre inovação e desempenho do invólucro: eficiência bioclimática e energética da arquitetura através da "pele" dos edifícios. Por fim, para complementar tais ações e garantir o sucesso deste percurso, é essencial a integração entre os diversos atores envolvidos, desde os profissionais das diversas áreas de conhecimento diretamente envolvidos no projeto, como arquitetos e engenheiros, a indústria, até os organismos que definem as políticas de implementação, regulamentação e incentivo.

REFERÊNCIAS

Battisti, A. & Tucci, F. 2012. *Ambiente e Cultura dell'Abitare*. Innovazione tecnologica e sostenibilità del costruito nella sperimentazione del progetto ambientale. Editrice Librerie Dedalo, Roma, I ed. 2000, II ed. 2012, tot. pp. 248, ISBN: 9788895913391.

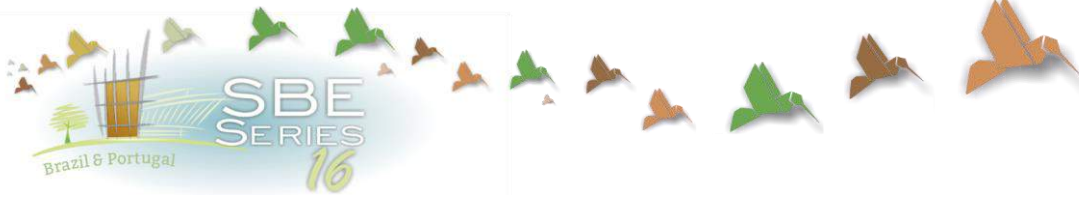
- Bonomo, P. & Frontini, F. 2015. *Un'opportunità di innovazione fra tecnologia e architettura*. Il passaggio dei sistemi fotovoltaici da elemento tecnico per la produzione energetica a componente edilizio. Disponível em: <<http://www.infobuildenergia.it/approfondimenti/il-fotovoltaico-integrato-come-componente-edilizio-251.html>>. Acesso em: 13/12/2015.
- BPIE - Buildings Performance Institute Europe. 2011. *Europe's buildings under the microscope*. Disponível em: <http://www.bpie.eu/country_review.html>. Acesso em: 02/06/2016.
- BPIE - Buildings Performance Institute Europe. (2011a). *Principle for Nearly Zero-Energy Buildings: Paving the way for effective implementation of policy requirements*. Disponível em: <http://bpie.eu/wp-content/uploads/2015/10/HR_nZEB-study.pdf>. Acesso em: 02/06/2016.
- EPBD - Energy Performance of Buildings Directive. 2010. Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings (recast). Official Journal of the European Union.
- EPBD - Energy Performance of Buildings Directive. 2015. Nearly zero energy buildings definitions across Europe.
- European Union. Directive 2010/31/EU, of 19th May 2010. 2010b. Official Journal of the European Union.
- European Union. Directive 2012/27/EU, of 25 October 2012. 2012. Official Journal of the European Union.
- Fanou, S. 2007. *Verso la sostenibilità degli edifici e delle città - con schede sull'edilizia residenziale*. Tipografia Promoter Italia s.r.l.
- Ground-med. 2012. *Advanced ground source heat pump systems for heating and cooling in Mediterranean climate*. Disponível em: http://www.groundmed.eu/fileadmin/red/Deliverables/Brochure/Groundmed_Brochure_final.pdf. Acesso em 19/04/2014
- Hausladen, G. et alii. 2012. *Building to suit the climate: a Handbook*. Publisher: Birkhauser.
- Köppen, W. & Geiger, R. 1928. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes.
- Mencagli, P. 2015. *Le mutazioni dell'involucro architettonico*. In: Ingenio n° 35. Disponível em: <http://www.ingenio-web.it/Articolo/2690/Le_mutazioni_dell_involucro_architettonico.html>. Acesso em 30/07/2016.
- Neto, A. H. & Voltani, E. R. 2014. *Resfriamento e aquecimento geotérmico*. Disponível em: <<http://www.engenhariaearquitetura.com.br/noticias/883/Resfriamento-e-aquecimento-geotermico.aspx>>. Acesso em: 13/04/2014.
- Nogueira, J. W. L. & Pralon, A. 2014. *Projeto pioneiro em Valência (Espanha) utiliza energia geotérmica para climatizar*. Disponível em: <<http://ofrioquevemdosol.blogspot.com.br/2011/08/luto-na-comunidade-cientifica-de.html#more>>. Acesso em: 17/04/2014.
- Scognamiglio, A. & Røstvik, H. N. 2013. *Photovoltaics and zero energy buildings: a new opportunity and challenge for design*. In: Photovoltaics: Research and applications (2012), v. 21, n. 6, pp. 1319-1336.
- Serra, R. 1999. *Arquitetura y Climas*, GG.
- Tucci, F. 2012. *Atlante dei sistemi tecnologici per l'architettura bioclimatica: Ventilazione naturale negli edifici. Atlas of Technological Systems for Bioclimatic Architecture. Natural Building Ventilation*. Alinea Editrice, Firenze,.
- Tucci, F. 2014. *Involucro, Clima, Energia*. Qualità bioclimatica ed efficienza energetica in architettura nel progetto tecnologico ambientale della pelle degli edifici. ENVELOPE, CLIMATE, ENERGY. Bioclimatic quality and energy efficiency in architecture in the environmental technological design of building skins. Altralinea, Firenze.



Chapter 3

The BIM concept applied to sustainable buildings and cities

SBE16 Brazil & Portugal
Sustainable Urban Communities towards a Nearly Zero Impact Built Environment
ISBN: 978-85-92631-00-0



The project performance simulation for more sustainable built environments and the Integrated Modification Methodology

Pedro Henrique Alves Negreiros

*Federal University of Rio de Janeiro, Urban Engineering Program, Rio de Janeiro (RJ), Brazil
phnegreiros@poli.ufrj.br*

Gisele Silva Barbosa

*Federal University of Rio de Janeiro, Urban Engineering Program, Rio de Janeiro (RJ), Brazil
giselebarbosa@poli.ufrj.br*

ABSTRACT: In the performance project, several important decisions are taken in isolation and arbitrarily, without a reliable projection of the final result. The knowledge lack of that performance in the designing process waste opportunities and can transfer to the user and the environment from the errors impacts and costs for the corrections. Thus, this highlights the need of a systemic overview application between the different variables, which do the final solution of the project, with the simulation techniques and the digital evaluation that looking for the most appropriate solution. In urban context, the Integrated Modification Methodology (IMM) is phase-integrated processes that builds from urban environment already developed in a more sustainable and efficient environment, through morphological changes. Therefore, the IMM proposes simulations with pre-established indicators. This paper presents the method and analyzes its applicability in the Brazilian context from the experience performed in the Rio de Janeiro city. Besides that, seeks the reflection about how BIM platform can expand the possibilities of IMM tests.

Keywords *Urban Design; Urban Planning; Integrated Modification Methodology*

1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda pelo aumento da eficiência energética das cidades vem elevando a complexidade e a importância do ato de projetar. Essa afirmação vale, tanto para projetos de edificações, quanto para projetos urbanos. Uma dificuldade encontrada é a falta de garantias ao melhor desempenho do conjunto, devido à subjetividade na arte de projetar e ao baixo compartilhamento e interação entre os diferentes agentes envolvidos: projetistas, consultores, clientes e usuários finais (MELHADO, 2001; FABRICIO, 2002, apud BRÍGITTE, 2013). Dessa maneira, muitas decisões determinantes ao desempenho são tomadas isolada e hierarquicamente, sem projeção eficaz ao desempenho final (FIGUEIREDO; SILVA, 2012 apud BRÍGITTE, 2013, p.1). Além disso, transferem ao usuário e ao meio ambiente o ônus dos erros e custos da realização de correções (ALUCCI, 2007 apud BRÍGITTE, 2013).

Pesquisas focadas na gestão do processo de projeto destacam a necessidade de aplicação de uma visão sistêmica entre as diversas variáveis que compõem a solução final do projeto (MELHADO, 2001; FABRICIO, 2002; ROMANO, 2003 apud BRÍGITTE, 2013). No âmbito urbano, o IMM (Integrated Modification Methodology) se apresenta como uma metodologia de projeto baseada em simulações de desempenho de acordo com indicadores pré-estabelecidos. Seu objetivo é encontrar soluções a partir de alterações urbanas para tornar o ambiente trabalhado mais sustentável e com a maior eficiência energética possível por meio de alterações na sua morfologia. Esse artigo também tem como propósito servir de referência teórica para uma pesquisa ainda em elaboração que utilizará o IMM e as teorias sobre as inter-relações da forma urbana no cotidiano da cidade. Desta forma, o interesse principal é discutir essas inter-relações e apresentar a metodologia e a importância do BIM na elaboração de projetos e/ou revitalizações urbanas sustentáveis. Não foi intenção dos autores, nesse momento, apresentar um estudo de caso, visto que os resultados ainda são bastante preliminares.

Buscou-se apresentar algumas das possíveis inter-relações da morfologia urbana com a qualidade de vida na urbe com a intenção de problematizar a importância da boa forma urbana. Essa abordagem foi realizada no intuito de verificar se a metodologia do IMM aborda esses diferentes parâmetros escolhidos para a análise: mobilidade, segregação e microclima e como ela pode ser usada em cidades tropicais e segregadas como é o caso da grande maioria das cidades brasileiras.

A pesquisa se justifica pela possibilidade de realizar simulações computacionais como forma de contribuir para a melhoria do espaço urbano. É uma oportunidade de se testar possibilidades a partir da simulação de desempenho para os projetos urbanos, que muitas vezes são elaborados com base em teorias, sem comprovação de resultados. O objetivo é, portanto, apresentar o IMM como uma opção metodológica, discutindo a relação entre morfologia urbana e sustentabilidade, além de analisar possíveis falhas desse processo e apontar soluções. De uma forma mais ampla, contribuir para o aperfeiçoamento das práticas projetuais urbanas sustentáveis.

2. MORFOLOGIA URBANA E SUSTENTABILIDADE

De acordo com Ximenes (2015), para a elaboração de um projeto sustentável em territórios, é necessária a capacidade de adaptação face às grandes tendências evolutivas de carência

econômica, social e ambiental segundo a perspectiva da resiliência; a qual se refere à capacidade de um sistema de absorver perturbações e reorganizar-se enquanto está sujeito à forças de mudança, sendo capaz de manter o essencial de suas funções, estrutura, identidade e mecanismos (WALKER et al., 2004 apud XIMENES, 2015).

A sustentabilidade urbana envolve diversas instâncias que confirmam a complexidade da urbe. Abordagens sociais, ambientais, econômicas e estruturais são importantes para se discutir a sustentabilidade. No entanto, este artigo se aterá a forma física da urbe, visto que a metodologia estudada, a do IMM, se atem a esse parâmetro de avaliação urbana. No intuito de expor as inter-relações da morfologia urbana com a qualidade de vida na cidade, foram selecionadas três abordagens que se julgaram mais relevantes: a mobilidade, o conforto ambiental a partir do microclima e a segregação espacial.

2.1 Morfologia urbana e mobilidade

O direito de ir e vir é assegurado pela Constituição brasileira, no entanto a qualidade desse direito é desrespeitada com frequência na grande maioria das cidades. A mobilidade é uma preocupação constante e unânime para os planejadores urbanos e para a gestão das cidades. Com o crescimento acelerado das urbes e o incentivo governamental ao uso excessivo e indiscriminado do automóvel individual, a “imobilidade” se tornou uma constante nas cidades brasileira.

Herdou-se ainda do Modernismo um 'culto' ao automóvel e parte da economia brasileira se beneficiou com ações de incentivo à compra de veículos individuais em detrimento do transporte de uso público e coletivo. Muito foi feito em prol do automóvel inclusive no que se refere à interligação de cidades com grandes obras rodoviárias e praticamente a extinção da rede ferroviária brasileira, principalmente a de passageiros.

Ainda na década de 60, Jacobs (1961, apud CHOAY, 2007) já criticava a priorização do automóvel em detrimento do pedestre.

“Pensar nos problemas da circulação urbana em termos simplistas – pedestres contra automóveis – e propor como objetivo a completa segregação das duas categorias é colocar o problema ao inverso. Pois o destino dos pedestres nas cidades não pode ser dissociado da diversidade, da vitalidade e da concentração das funções urbanas” (JACOBS, 1961 apud CHOAY, 2007).

Para Ximenes (2016, pag. 94), ao contrário do que Le Corbusier defendia no movimento Moderno, as cidades não são máquinas para se viver, mas sim organismos vivos que podem até mesmo padecer caso não haja um planejamento eficiente (XIMENES, 2016).

Para Gehl (2013 apud BIAGINI, 2014) durante muitos anos não havia muito conhecimento sobre a influência da forma física das cidades sobre o comportamento humano, no entanto, atualmente muitos estudos se dedicam a esse tema e isso está trazendo melhorias diretas aos ambientes urbanos. Uma delas é o planejamento pautado no usuário e nas suas experiências e necessidades. Como consequência disso, diversos projetos estão sendo feitos em prol do pedestre e da articulação de meios de transportes diferentes.

A forma urbana influencia diretamente a mobilidade podendo trazer benefícios ou entraves à locomoção. Traçados ortogonais, por exemplos, criam um excesso de cruzamentos que podem ser prejudiciais ao deslocamento de automóveis; quarteirões muito extensos tornam-se obstáculos para o deslocamento de pedestres; vias muito estreitas e sinuosas

dificultam a circulação de veículos coletivos, mas não são barreiras para bicicletas e pedestres. São muitos os exemplos de interferência direta da forma urbana na mobilidade e uma mesma forma pode contribuir para um meio de locomoção e obstruir outro. Desta forma, quando se pensa em desenho urbano a qualidade do mesmo está diretamente ligada às diversas formas possíveis e interligadas de se deslocar pela urbe. A mobilidade pautada por um único meio de transporte traz entraves aos diferentes espaços urbanos. Pequenos deslocamentos devem ser priorizados através do incentivo ao uso misto, à promoção de possibilidade caminhos variados, principalmente através de quarteirões menores e vias com facilidade de travessia, ao uso da bicicleta como meio de transporte, entre outros. Ainda, os deslocamentos maiores, devem ser realizados, primordialmente por meios de transporte coletivo e, em cidades grandes, deve-se ter o cuidado de incentivar transporte de massa, como metrô e barcas, e não apenas o ônibus urbano. A qualidade da mobilidade é fortalecida quando há adesão ao deslocamento a pé ou por bicicleta combinado com o uso de um transporte público coletivo eficiente.

A mobilidade é um parâmetro essencial da sustentabilidade urbana e para ser alcançada é necessário um sistema que “assegure e facilite o alcance às oportunidades e funções sociais e econômicas das cidades à população e às gerações futuras; e que se relacione com as demais políticas públicas e sistemas” (XIMENES, 2016 p.122).

2.2 Morfologia urbana e microclima

De acordo com Silva e Alvarez (2015), a qualidade do espaço urbano está diretamente relacionada à qualidade de vida na cidade, da qual é parte integrante os conceitos de conforto térmico e microclimas urbanos. Para tornar as cidades mais sustentáveis e com a maior eficiência energética possível, o IMM busca torná-las mais compactas, com maior densidade e mistas. O uso misto é indispensável para diminuir as distâncias entre casa-trabalho trabalho-casa e contribuir para a maior vivacidade urbana (LYNCH, 1984) e a economia de energia, principalmente nos deslocamentos. No entanto, a compactação urbana deve ser compreendida com restrições, principalmente em cidades tropicais como é o caso do Brasil. Muitos governantes estão utilizando o conceito de compactidade de forma errônea e permitindo grandes especulações imobiliárias a partir de uma legislação voltada para a verticalização e adensamento urbano sem se preocupar com o microclima local (BARBOSA et al, 2014).

A morfologia urbana influencia diretamente o microclima local e a densificação excessiva pode trazer prejuízos ao mesmo. De acordo com Barbosa, Drach e Corbella (2010), em um estudo de simulação computacional realizado em comparação entre a compactação em uma cidade do estado do Rio de Janeiro e uma cidade alemã, a cidade fluminense sofreu um acréscimo de até 9°C no verão do Hemisfério Sul e a cidade alemã somente de 2° no verão europeu. Isso demonstra a interferência negativa da compactação excessiva sobre o microclima. Em outro estudo, com simulações em túnel de vento com maquetes físicas, foi verificado que a morfologia dos bairros de Copacabana e Ipanema influenciam diretamente na ventilação e a densidade excessiva de Copacabana é ainda mais nociva ao conforto térmico local (DRACH et al, 2015).

É importante salientar que o incentivo ao desenvolvimento de cidades menores com uso e ocupação do solo misto e a mobilidade entre as mesmas bem desenvolvida podem trazer os

benefícios semelhantes ao da compactação com relação à vivacidade urbana e a economia de energia sem trazer prejuízos ao microclima e o uso excessivo de sistemas de refrigeração.

2.3 Morfologia urbana e a segregação espacial

Uma das consequências do crescimento acelerado das cidades sem uma infraestrutura adequada, principalmente em países em desenvolvimento, como é o caso do Brasil, é o crescimento desordenado e a consequente segregação urbana. Para Vilaça (2011) ressalta que a segregação urbana é o reflexo da desigualdade da sociedade brasileira expressa no meio urbano. Para o autor:

“Nenhum aspecto do espaço urbano brasileiro poderá ser jamais explicado/compreendido se não forem consideradas as especificidades da segregação social e econômica que caracteriza nossas metrópoles, cidades grandes e médias” (VILLAÇA, 2011).

A segregação não possui uma única definição, visto que a problemática social e espacial urbana possui problemas segregacionista de diversas origens. Alguns autores como, Lojkin (1981), apontam o preço da terra como fator dominante para a ocupação do solo de forma segregacionista, mas outros autores, como Vilaça (2011), reforçam que, na prática, não é sempre que a população de baixa renda ocupa áreas desvalorizadas e as classes dominantes as de alto custo. No entanto, a partir da ocupação da terra, é notório e a área ocupada pela classe alta tornasse atrativa e a ocupada pela classe baixa é desvalorizada. As diferenças ficam ainda mais evidentes no que tange ao desenho urbano, pois, na maioria das vezes, a ocupação pela classe baixa é feita sem planejamento prévio ou um planejamento preocupado com o quantitativo assentado e não com a qualidade do loteamento. No entanto, quando é de interesse de uma classe mais abastada, a forma urbana recebe maior notoriedade e até mesmo as questões estéticas são consideradas na implantação.

3. INTEGRATED MODIFICATION METHODOLOGY

O IMM (sigla para Integrated Modification Methodology) é uma metodologia de projeto que visa transformar um contexto urbano existente em uma forma mais sustentável por meio da modificação da sua morfologia. De acordo com Tadi e Manesh (2013), nesta metodologia, a cidade é considerada um sistema complexo adaptativo (CAS) dinâmico, composto por uma superposição de componentes inter-relacionados, classificados em diferentes camadas ou subsistemas.

O IMM é baseado em um processo composto por 4 etapas, sendo elas:

- Fase 1: Investigação/Análise;
- Fase 2: Formulação;
- Fase 3: Modificação;
- Fase 4: Adaptação e Otimização.

A primeira fase consiste da investigação da configuração atual do CAS e a relação entre a sua morfologia e seu consumo energético. Para tal, é feito o desmembramento do CAS em seus subsistemas principais: Volumes, Vazios, Função e Transportes. Essa etapa é chamada de Investigação Horizontal.

Posteriormente acontece a Investigação Vertical, que, conceitualmente, consiste no cruzamento desses subsistemas, gerando as Categorias Chave, da seguinte forma:

- Volumes x Vazios = Porosidade;
- Volumes x Função = Proximidade;
- Volumes x Transporte = Eficiência;
- Vazios x Função = Diversidade;
- Vazios x Transporte = Interface;
- Função x Transporte = Acessibilidade.

Cada Categoria Chave é mensurada por meio de equações matemáticas. Com os resultados, são analisados o valor e o papel de cada categoria na performance energética do CAS, com base em indicadores pré-estabelecidos.

A segunda fase da metodologia, chamada de Formulação, consiste em criar hipóteses para modificar estruturalmente o CAS. Essas hipóteses são orientadas por princípios de projeto e pela escolha, com base na análise anterior, do subsistema catalisador do projeto. Os outros subsistemas assumirão a função de reagentes.

A terceira fase (Modificação) é composta pela Modificação Horizontal e Vertical. A partir da modificação do subsistema catalisador, inicia-se uma reação em cadeia (Modificação Vertical), gerando novos valores para as categorias chave.

Na quarta fase (Adaptação e Otimização), o novo CAS é avaliado e comparado com o anterior através dos mesmos indicadores usados na primeira fase. De acordo com Tadi e Manesh (2013), os indicadores ajudam a guiar a transformação do complexo sistema de maneira correta, assim como os resultados do processo de transformação.

4. INTERFACE DO IMM COM A PLATAFORMA *BUILDING INFORMATION MODELING*

A metodologia IMM trabalha as 'camadas' urbanas através de interfaces computacionais sobre um modelo CAD. Desta forma, a metodologia fica limitada às questões morfológicas. Apesar deste ser o objetivo do processo, questões não analisadas podem causar prejuízos ao ambiente modificado, como foi mostrado no item anterior.

Segundo Salgado (2015), o desenvolvimento do projeto requer a capacidade de antever os possíveis problemas relacionados com outras especialidades de projeto. Este artigo destaca que a migração progressiva dos softwares de análise energética e ambiental por meio de uma futura interação ao sistema BIM deve modificar sensivelmente a maneira de integrar os estudos de questões ambientais ao projeto.

De acordo com Kensek & Noble (2014 apud Marques et al. 2015), o BIM (Building Information Modeling) é "um banco de dados digital, com estrutura integrada, informado pela arquitetura, engenharia, construção e indústria de operações, que consiste em objetos paramétricos em 3D e que permitem a interoperabilidade".

Ao adotar o modelo tridimensional como catalisador de informações sobre o projeto, haverá o benefício de um processo mais ágil e dinâmico, que permitirá a integração e colaboração dos diferentes agentes no processo. Com esta plataforma, é possível simular, por exemplo, a incidência do sol e a carga térmica na envolvente do edifício e, portanto, prever alterações no microclima urbano consequentes de um possível adensamento.

Marques et al. (2015) consideram este panorama como uma oportunidade de estreitar os laços entre os critérios estéticos e técnicos, de forma a colaborar para o desenvolvimento de projetos relacionados com alto desempenho e comprometidos com a sustentabilidade.

Desta forma, este artigo destaca a importância e possível potencial melhora do IMM caso o mesmo considerasse em seu desenvolvimento em uma plataforma BIM. No entanto, considera também, que apesar disso, ainda possui grande valor avaliativo e de simulação computacional mesmo com a interface CAD.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As inter-relações da morfologia urbana com a qualidade de vida na urbe reforçam a importância de projetos que visam a boa forma urbana. A metodologia do IMM aborda de forma assertiva a questão da mobilidade, pois entende que, para que esta seja sustentável, mais do que um sistema de transporte eficiente, é necessário um desenho urbano eficiente. E isso se faz através de uma cidade compacta e com diversidade de usos no mesmo espaço.

Por outro lado, o IMM não contempla questões importantes, como a alteração do microclima urbano e a segregação espacial. Além disso, por se tratar de uma metodologia baseada na interface CAD dificulta um desenvolvimento mais aprimorado de cálculos e simulações que uma interface BIM permitiria.

Por ser realizado com simulações computacionais, o IMM permite testar o desempenho do projeto quantas vezes forem necessárias para contribuir para a melhoria do espaço urbano. Mas para aumentar a eficiência e eficácia dessas simulações, inclusive abrangendo para outras questões não contempladas atualmente, sugere-se que o processo migre para a plataforma BIM, onde poderá associar informações além da forma aos volumes analisados.

REFERÊNCIAS

- Barbosa, G.S.; Rossi, A.M.G.; Drach, P.R.C. 2014. Análise de Projeto Urbano a partir de parâmetros urbanos sustentáveis: alteração morfológica de Copacabana e algumas de suas consequências climáticas (1930-1950-2010). Urbe. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, v.6, p.275 – 287.
- Barbosa, G.S.; Drach, P.R.C.; Corbella, O.D. 2010. A Comparative Study of Sprawling and Compact Areas in Hot and Cold Regions: Way to Sustainable Development of Cities In: WREC - *World Renewable Energy Congress*, Abu Dhabi.
- Brigitte, G.T.N. 2013, *Integração De Desempenho Na Avaliação De Projeto*: modelo de informação e simulação computacional na etapa de concepção. Campinas, Brazil.
- Drach, P.R.C.; Gisele Silva Barbosa; Oscar Daniel Corbella, O.D. 2015. Effects of Urban Morphology Changes on Ventilation: Studies in Wind Tunnel. *Journal of Civil Engineering and Architecture* (Print)., v.9, p.853 – 868.
- Lynch, K. 1984. *Good City Form*, MIT Press, Cambridge MA and London 1981; 2ª ed.
- Marques, A.C.; Bastos, L.E.G.; Bonneaud, F. 2015. *Análise ambiental da envoltória do edifício*: Diálogo com o Sistema BIM. Guimarães, Portugal.
- Salgado, M.S.; Cunha, M.A.B.; Duarte, T.M.P. 2015. *Desenvolvimento de projetos sustentáveis usando a plataforma BIM*: estudo de caso na Cidade do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, Brazil.
- Tadi, M.; Manesh, S.V. 2013. *Integrated Modification Methodology (IMM)*: A Phasing Process for Sustainable Urban Design.
- TOWARDS A SUSTAINABLE ENVIRONMENT: Green Building and Renewable Energy Options. Abu Dhabi: *Environment Agency Abu Dhabi (EAD) and World Renewable Energy Congress WREC/UK*, 2010. v.1



Building life cycle energy assessment on pre operation phase using BIM

Aline Medeiros Ferreira de Araujo

Federal University of Paraná, Department of Civil Construction, Curitiba (PR), Brazil.

aline.mfaraujo@hotmail.com

Sergio Fernando Tavares

Federal University of Paraná, Department of Architecture and Urbanism, Curitiba (PR), Brazil.

sergioftavares@gmail.com

ABSTRACT: Life Cycle Assessment (LCA) is a very important tool for several analyses and it is used to quantify environmental impacts related to products or services. It is essential that building LCA be done during pre-design stage, in order to avoid impacts caused by material waste and lack of planning. Life Cycle Energy Assessment is a LCA method, which analyze energy consumption impacts. Building energy life cycle can be divided into pre operation phase, operation phase and post operation phase. This paper presents a methodology to calculate building embodied energy for pre operation phase during the design stage, using the software Revit Architecture to improve material selection processes. Building Information Modeling (BIM) aims to reduce rework, to properly manage projects information, to model and simulate building performance through temporal, economic and sustainable perspective. The proposed methodology has proved as a feasible and practical tool, since it easily provides results about embodied energy, once materials and model settings are defined.

Keywords *Life Cycle Energy Assessment. Embodied Energy. Building Information Modeling.*

1. INTRODUCTION

Despite the importance of environmental concerns, buildings performances has been measured traditionally in terms of quality, time and money. Environmental performances analysis are relatively new, therefore it presents great methodological challenges, which limits its practicality and reliability (Saade, 2014). Construction is regarded to be the industry with less investment in research and development. This fact naturally hinders any improvement and technological developments. Small and medium sized companies are the majority in construction industry, while large companies are those with most resources for research. Temporary alliances on individual projects is also an aspect that delays the application of new methods of design and construction (Antón & Díaz, 2014). This paper aims to propose a Life Cycle Energy Assessment methodology on buildings pre-operation phase, applied to a residential housing in Brazil. This methodology uses the Revit Architecture software to quantify embodied energy values in selected construction materials during the design stage and project.

2. LIFE CYCLE ASSESSMENT

Through building Life Cycle Assessment (LCA), businesses, governments and organizations are able to identify opportunities, to plan and establish better strategies for construction industry. Thus, it becomes feasible the improvement of environmental construction aspects, allowing proper selection of material and suppliers (Silva, 2012). From environmental perspective, LCA provides a complete inventory of mass and energy flows for each system, and it allows that appraisal about generated impacts to be compared (Bueno et al., 2013).

Life Cycle Energy Assessment (LCEA) is a simplified but relevant way to evaluate environmental impacts. This analysis is based on ISO 14040 standard (ISO, 2006), and it is performed by energy consumptions inventory data of direct and indirect processes. Through LCEA it is also possible to identify environmental impacts, and since it has more simplified structure than a complete LCA, it demands lower cost and less effort (Tavares, 2006). According to Bueno et. at. (2010), building life cycle includes: construction materials fabricating, building construction itself, operation and maintenance, disassembly or deconstruction and waste management phases. All stages should be considered in a full LCA, i.e. all processes from "cradle to grave".

Initial Embodied Energy (EE) is defined as a sum of all energy inputs required to extract raw materials, to processing, manufacturing and transporting products and materials that will be used in construction, including transportations to construction site, and all energy spent in construction processes itself. Besides EE, there is also a large energy consumption from home appliances and several devices used during the whole building life, called operational energy. This operational energy includes all energy demand with lighting, cooking, entertainment, climate control, and numerous activities. The post-operational phase of building life cycle begins when building is considered as non-suitable for proper use and performance, and in that moment it starts the deconstruction processes. The energy consumption during this phase comes from machines used in demolition or deconstruction processes, also due to waste transportation to its final disposal site, or in reuse and recycling procedures (Tavares, 2006).

3. BUILDING INFORMATION MODELING

Building Information Modeling (BIM) is one of the most promising progress on Architecture, Engineering and Construction (AEC) industry. With BIM it is possible to create building virtual models accurately. Once these models are finished, they contains precise geometries and significant data representing project's information that can help construction, manufacturing, products purchase and analyses. BIM also provides many essential functions for modeling wholly building life cycle, giving possibilities for new and most appropriate designs and projects improvement. When BIM systems are correctly implemented, it easily provides more integrated projects and processes, which results in better constructions with ideal quality on low costs and reduced project time (Eastman et al., 2011).

BIM is a technique that uses 3D models together with intelligent tools, for example, using information about schedules and timelines (4D), or cost-related and financial aspects (5D). About the sixth BIM dimension, there is not a very well defined concept among authors and researches yet, but it is possible to affirm that the term BIM 6D consists in building life cycle analyses, related to performance, maintaining and sustainability (Yung & Wang, 2014).

Environmental friendly services requires collaborative tools support and BIM can contribute for communication and collaboration improvement between different actors involved in a project. There is an advantageous synergy between BIM and sustainable constructions since BIM offers integrated model, global view and it provides facilities at projects. BIM systems provides means to information flows in order to increase quality and performance. Supporting collaborative working for all people involved in a project, during the design stage, could avoid future mistakes, costs and unnecessary reworks. BIM models provides structured data that also could be very useful in industrialization processes, as pre-fabricated constructions (Antón & Díaz, 2014).

4. METODOLOGY

The proposed methodology could be defined as a simplified Life Cycle Energy Assessment that considerate only pre-operation phase inside the system. That is, operation phase and post operation phase are not included on the method developed. It was used the Revit Architecture 2014 software to test this methodology, and thus it was possible to create a simple residence model as an example. It is a nonexistent house, created just as a sample that has one bedroom, one bathroom, a dining/living room and a kitchen. The total area is 106 m² and its floor plan is presented in Figure 1. Once consumption energy in operation phase will not be estimated in this paper, than the amount residents, its consumption pattern and types of devices in the house were not defined. Only building systems and materials components are specified in here.



Figure 1. House floor plan modeled as example

4.1 Creating elements and specifying materials

Materials specifications used at the test model are listed at Table 1. It is essential to emphasize that the produced model aims to experiment the practical application of energy LCA methodology only, and not to judge construction systems, performances or materials as appropriated or not.

Table 1. Description of elements and materials defined on the model

Elements	Description of materials
Walls	Brick with concrete in internal and external layers
Floor	Floating wood tile on bedroom and ceramic tile in the rest
Ceiling	Gypsum board on all rooms
Slab	Concrete
Roof	Red ceramic roof tile
Doors	Planed wood
Windows	Glass and wood

Each building element used on the project was created with desired specifications. Revit has already several construction components registered in its library, such as walls, doors, windows, plumbing, etc. Components are separated into Families, which are subdivided into subcategories and then into Types. Each Type is a specific element that has an individual function and it has special characteristics defining materials, thicknesses, physical and mechanical proprieties, appearances, shapes and varied parameters.

It is possible to insert new elements that are not registered in Revit libraries, therefore, new elements types were created according to chosen specifications. Elements Type had its structures, materials, layers, finishing and parameters detailed in Revit. And for each material inserted in a new element, also it is possible to edit features as the name, composition, colors, physical and thermal proprieties. This procedure was done for each element in BIM model. It is possible also to save the created Families, so then, new elements could be used in others and future projects.

4.2 Inserting energy parameters

The next step performed was to determine Embodied Energy (EE) of all elements. At “Manage” tab the option “Shared Parameters” was selected in order to create new parameters, which could be used on several Families. All Shared Parameters created are listed on Table 2.

Table 2. List of parameters inserted in Revit and theirs adopted symbols

Description	Parameters name assigned in Revit	Symbols used in equations
Density	Density (kg/m ³)	d
Materials Embodied Energy	EE Material (MJ/kg);	EE
Wastage rate	Wastage (%)	w
Embodied Energy in material wastage	EE Wastage (MJ/kg);	EE_w
Energy consumption in material transportation	EE Material Transportation(MJ/kg);	EE_t
Energy consumption in material wastage transportation	EE Wastage Transportation (MJ/kg),	EE_{wt}

Once the new Shared Parameters were completed, it was necessary to create “Type Parameters”, which specify parameters that could be added in elements categories of a model and then, it could be used and showed in tables. Numeric values can be attributed on Type Parameters, and these numbers will appear in all parameters of all same elements type automatically. For example, for all floors that was defined as “Floor Type 1”, parameters of EE would have the same value on BIM model. Figure 2 presents an image of parameters showed in type proprieties window.

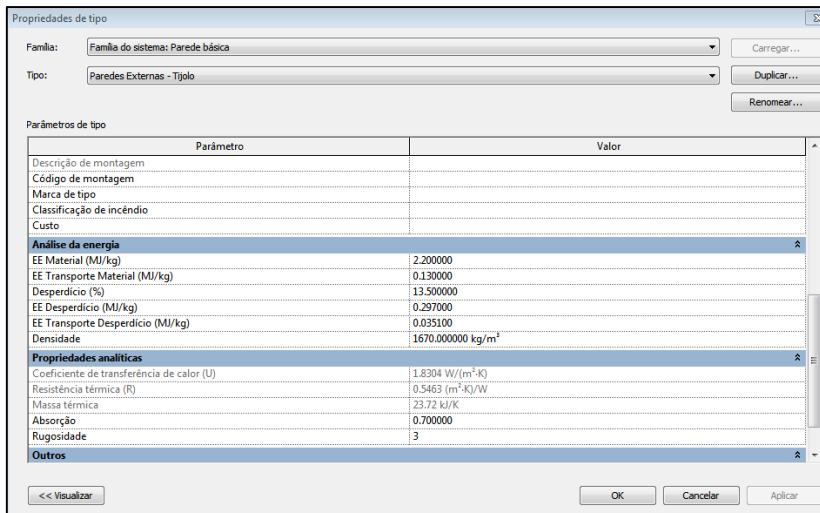


Figure 2. New parameters in Type properties window

4.3 Attributing and calculating energy parameters values

It was used values determined by Tavares (2006) to attribute energy values in each element. As done in Araujo (2015) method, for those elements that have more than one material in its composition, such as walls with various layers, doors and windows, the values of energy

parameters was calculated based on material proportion related at total volume and their densities. The next example presents how parameters of internal walls were calculated. These walls were created on software as composed by with 9.0 cm brick thickness and 3.0 cm of concrete on both side representing mortar and plaster. The total sum results wall thickness of 15.0 cm. Table 3 presents density and embodied energy values for each materials and theirs wastage rate, using as example the Internal Wall Type.

Table 3. Energy values assigned for materials used on Internal Wall Type

Material	EE_{brick}	$EE1_{brick}$	w	d
	MJ/kg	MJ/m ³	%	kg/ m ³
Brick	2.90	4060.00	15	1400.00
Concrete	1.20	2760.00	10	2300.00

Equations 1 and 2 are used to calculate brick and concrete proportions at 1 meter of wall:

$$P_{brick} = e_{brick} / e_{wall} \quad (1)$$

$$P_{conc.} = e_{conc.} / e_{wall} \quad (2)$$

where e is thickness and P is proportion of each wall material. The proportion founded is 0.60 of brick and 0.40 of concrete. The Equation 3 are used to calculate the wall density in kg/ m³

$$P_{brick} \times d_{brick} + P_{conc.} \times d_{conc.} = d_{wall} \quad (3)$$

$$0.60 \times 1400 + 0.40 \times 2300 = 1760.00$$

Calculus of internal wall energy embodied is presented on Equation 4 in MJ/ m³ and in MJ/kg on Equation 5. Equation 6 represents calculus of wastage rate (w) in percentage.

$$P_{brick} \times EE1_{brick} + P_{conc.} \times EE1_{conc.} = EE1_{wall} \quad (4)$$

$$0.60 \times 4060 + 0.40 \times 2760 = 3540.00$$

$$EE1_{wall} \div d_{wall} = EE_{wall} \quad (5)$$

$$3540 \div 1760.00 = 2.01$$

$$P_{brick} \times w_{brick} + P_{conc} \times w_{conc} = w_{wall} \quad (6)$$

$$0.60 \times 15.0 + 0.40 \times 10.0 = 13.00$$

The embodied energy value of material wastage is equal to EE multiplied by its wastage rate.

$$EE_w = EE \times w \div 100 \quad (7)$$

To estimate energy consumption for materials transportation, distances from factories to construction site were not considerate, since the project is a nonexistent house. So it was attributed 80.0 km as a default distance, as Tavares (2006) method. The distance is applied at energy consumption index for diesel vehicles, 1.62 MJ/t/km, resulting in 0.13 MJ/kg. That index was considerate for all materials transportation in this paper. Material wastages need double transportation distance, since it comes and go to construction site, then, in these cases, transportation index is 0.26 MJ/kg.

$$EE_{wt} = 0.26 \times w \div 100 \quad (8)$$

Same calculus procedure and equations were used for all others buildings elements. It was not considerate on BIM model any foundation, structural, mechanical, electrical and hydraulic components, such as plumbing, column, beam, etc. Once model was created to test the methodology only, projects were simplified in this study. However, for another elements, values entry way and parameters calculus should be done with same processes described.

4.4 Creating tables

After parameters insertion and calculation for all elements on the model, it was created tables by tools available in Revit to quantify and to sum values of energy embodied. One table for each Family were created, specifying previous existent parameters and the new ones related with EE. In the end is possible to add more columns on tables and insert equations and formulas in it in order to perform operations with table values. So, one more column was added to multiply volume column to the densities one and resulting in a Mass elements parameter, in kilogram unit.

Lastly, other column was added to calculate the Total Energy Embodied, which is the sum of all four energy parameters created (item 4.2), multiplied to elements mass, according Equation 9. It is possible to generate the sum of all total energy embodied, as displayed in Figure 3, that present an example of created table.

$$EE_{Total} = Mass \times (EE + EE_t + EE_w + EE_{wt}) \quad (9)$$

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Tipo	Massa	Volume	Densidade	EE Material (kJ/kg)	EE Transporte Int	Desperdício (%)	EE Desperdício	EE Transporte Ex	Energia Embodida
Tipo e Concret	28162.76 kg	12.24 m³	2300.00 kg/m³	2.9	0.15	0.15	2.9	0.28	9882.33
Tipo e Concret	25760.00 kg	11.20 m³	2300.00 kg/m³	2.9	0.15	0.15	2.9	0.28	94263.94
Tipo e Concret	20431.22 kg	0.88 m³	2300.00 kg/m³	2.9	0.15	0.15	2.9	0.28	71591.00
Tipo e Concret	60840.11 kg	26.50 m³	2300.00 kg/m³	2.9	0.15	0.15	2.9	0.28	213534.15
Tipo e Concret	47912.09 kg	20.82 m³	2300.00 kg/m³	2.9	0.15	0.15	2.9	0.28	167996.46
Tipo e Concret	86519.79 kg	37.62 m³	2300.00 kg/m³	2.9	0.15	0.15	2.9	0.28	303844.24
Total geral =									946130.30

Figure 3. Example of table created for generating result of total EE

5. RESULTS

Through the Life Cycle Energy Assessment methodology proposed in this paper, it was possible to generate several tables, one for each Family category, in which are specified elements Types, parameters values and the sum of all energies embodied calculated. Total of seven tables were created, one for each Family, that is: ceiling, window, door, floor, roof, slab and wall. The software does not allow to insert all data at same table, if it would, probably the sum of all energy values would be simpler. Therefore, energy embodied values for each families needed to be sum separately before find the final result. However, it is allowed to export table as text file (.txt) and then, it is possible to work the results in several ways, including as spreadsheets.

On Table 4 are detailed all entry parameters values, mass and EE values calculated.

Table 4. Results generated in Revit tables

Type	Mass	EE	EE Material	EE	EE Wastage	EE Total
		Material	Transportation	Material	Transportation	
		(MJ/kg)	(MJ/kg)	(MJ/kg)	(MJ/kg)	(MJ)
Gypsum board ceiling	370.39	6.10	0.13	0.00	0.00	2307.54
Gypsum board ceiling	855.36	6.10	0.13	0.00	0.00	5328.89
Gypsum board ceiling	166.32	6.10	0.13	0.00	0.00	1036.17
Bat room window	9.30	15.60	0.13	0.39	0.01	149.95
Bathroom window	9.30	15.60	0.13	0.39	0.01	149.95
Generic window	1.82	16.72	0.13	0.53	0.01	31.58
Generic window	1.82	16.72	0.13	0.53	0.01	31.58
Generic window	1.82	16.72	0.13	0.53	0.01	31.58
Generic window	1.82	16.72	0.13	0.53	0.01	31.58
Generic window	1.82	16.72	0.13	0.53	0.01	31.58
Generic window	1.82	16.72	0.13	0.53	0.01	31.58
External Wall	9109.02	2.20	0.13	0.30	0.04	24,249.11
External Wall	11,350.16	2.20	0.13	0.30	0.04	30,215.25
External Wall	9266.00	2.20	0.13	0.30	0.04	24,667.01
External Wall	100,606.40	2.20	0.13	0.30	0.04	28,235.30
Internal Wall	3703.92	2.01	0.13	0.26	0.03	9025.28
Internal Wall	4517.01	2.01	0.13	0.26	0.03	11,006.52
Internal Wall s	3107.91	2.01	0.13	0.26	0.03	7572.99
Ceramic floor tile	3888.00	5.00	0.13	0.00	0.00	19,945.44
Ceramic floor tile	756.00	5.00	0.13	0.00	0.00	3878.28
Floating wood tile	547.17	7.50	0.13	1.13	0.04	4811.81
Wood door.	57.92	3.50	0.13	0.00	0.00	210.23
Wood door.	57.92	3.50	0.13	0.00	0.00	210.23
Wood door.	57.92	3.50	0.13	0.00	0.00	210.23
Red ceramic roof tile	5813.58	5.40	0.13	0.00	0.00	32,149.08
Slab	13,372.49	1.20	0.13	0.12	0.03	19,737.79
Total						225,286.53

As presented in Table 4, the Total Energy Embodied, summing all elements results of this model, was 2225,286.53 MJ, or 225.29 GJ. According Tavares (2006), some international researches presented values of building energy embodied around 4.0 and 4.5 GJ/m². However in a Brazilian scenery, considering that environmental analyses inputs are not properly detailed in construction sector, existing data shows numbers around 3.0 a 4.0 GJ/m². The residence model tested in this paper has 106 m², and so the final embodied energy value is 2.13 GJ/m². This can be considerate a reasonable result, once the level of detail is minimum because only seven elements composed the BIM model.

The proposed methodology generated results in non-editable tables, so using others software as a complement became necessary to process and compile data on a useful way. However, the primary advantage observed was the facility and processes simplification. When Shared Parameters are created, it is possible to use them in any project or model. The same thing occurs with Type Parameters, whose values will be automatically generate every time that these parameters are used again to specify a Family element, since it has been correctly saved. So if the method is applied many times by the professional who does project review or environmental and life cycle analyses, over time it will be created a complete and diverse element library with parameters previously defined. Then, once all data had been insert already, during antecedent projects, to apply a new assessment it would be necessary

just to generate tables from new model. Except to transportations parameters, that changes in function of distances, type of vehicle and fuel.

Using BIM tools allows to rise projects performances, making it easy and reducing time of work. Therefore, it is relevant that these aspects be achieved by proposed methodology. Another significant characteristic observed during methodology processes is the facility in to modify project elements, shapes and anything else, without need to calculate or reinsertion data and numbers of elements changed. For example, if you change the room area by modifying wall position or its measures, so Revit will calculate new volumes automatically, and then the final results also will be updated at the same time. Conventional LCA process usually uses spreadsheets to calculate energy parameters from estimated volumes and materials quantitative, based on building areas, So in those cases, if changes are made on elements or areas, values alterations will be done manually at the spreadsheet, and all volumes would need to be recalculate, modifying again the materials quantitative to generate new results. It is an exhausting rework and also would have a risk to occurs several errors, because usually a lot of modifications are made in a project during deseing stage.

6. CONCLUSION

The proposal of testing a new methodology of a building Life Cycle Energy Assessment for pre-operation phase occurs from lack of simple tools and practices that help in selection of materials by designers in AEC industry. Results obtained in this paper are satisfactory once the proposed methodology is viable and accessible. The main differential characteristic of the method is the facility to calculate values of embodied energy, testing many different materials and several design layouts, without need a lot effort in data insertion, volumes and mass calculus or to estimate quantities.

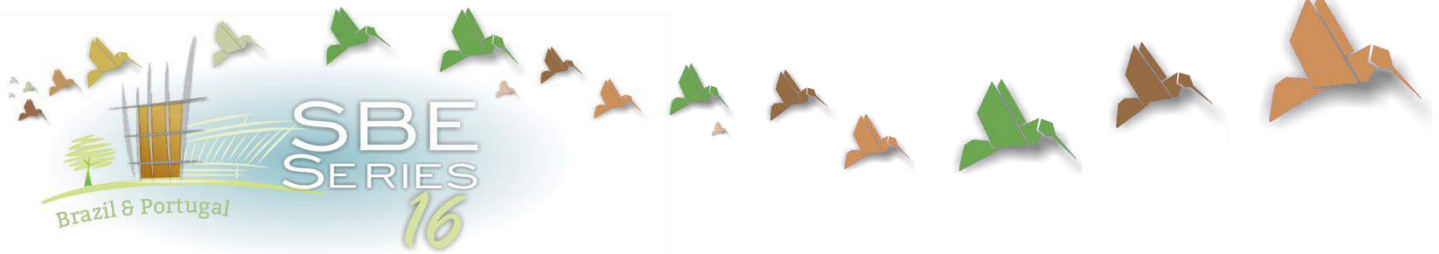
Thus, it is possible to legitimize achievement for what BIM is aiming to: reducing efforts; rising projects its processes performance; and to accurate and organize information. There are still some little troubles and difficulties on new BIM tools, but it is in constantly technological evolution.

Finally, the proposed method in this paper contribute to impulse and to incentive environmental impacts analyses on construction industry, allowing it to be used in first design stage to appropriate material selection and improving sustainable choices. Building materials and processes decisions based on energy consumption should measure all impacts caused from all production cycle and resource transportations, connecting this with building energy performance and its further deconstruction and recycle. For that reason, this study also propose a link from BIM model and embodied energy analyses to a sequel on the LCA, involving building efficiency energy simulations and thermal and acoustic comfort conditions in operation phase at future researches.

REFERERENCES

- Antón, L. A. & Díaz J. 2014. Integration of life cycle assessment in a BIM environment. *Procedia Engineering: Elsevier* 85: 26-32
- Araujo, A. M. F. 2015. Avaliação do ciclo de vida energético de construções durante a fase pré-operacional com auxílio de ferramentas BIM (in Portuguese). Monograph (Postgraduate degree in Sustainable Constructions) – Federal Technologic University of Paraná, Curitiba, 53 p.

- Brazilian Association of Technical Standards (ABNT - in Portuguese). 2013 NBR 15575: Desempenho de edificações habitacionais. Brazil: Rio de Janeiro
- Bueno, C.; Rossignolo, J. A.; Ometto, A. R. 2013. Life cycle assessment and the environmental certification systems of buildings. *Gestão e Tecnologia de Projeto* 8: 7-18.
- Eastman, C.; Teicholz, P.; Sacks, R.; Liston, K. (2 ed.) 2011. BIM Handbook: A guide to Building Information Modeling for owners, designers, engineers and contractors. New Jersey: Jhon Wiley & Sons, Hoboken.
- International Organization for Standardization. ISO 14040: 2006. Environmental management - Life cycle assessment: Principles and framework. Genebra, 20p.
- Saade, M. R. M.; Silva, M. G.; Gomes, V. 2014. Methodological discussion and piloting of LCA-based environmental indicators for product stage assessment of Brazilian buildings. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, São Paulo, v. 9, n. 19, 43-62.
- Silva, L. P. 2012. Análise do ciclo de vida energético de habitações de interesse social (in Portuguese).. Tesis (Master degree in Engineering) – Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 185 p.
- Tavares, S. F. 2006. Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras (in Portuguese). Tesis (Doctoral degree in Civil Engineering) - Federal University of Santa Catarina, Florianópolis, 225 p.
- Yung, P. & Wang, X. 2014. A 6D CAD Model for the automatic assessment of building sustainability. *International Journal of Advanced Robotic Systems* 11: 131, 10 p.



Interoperabilidade. Comparação entre os sistemas BIM e CAD

Argeu Leonidas Maioli Pretti

Federal University of Espírito Santo, Technology Center, Department of Civil Engineering, Vitória (ES), Brazil

argeumaiolipretti@gmail.com

João Luiz Calmon

Federal University of Espírito Santo-FAPES, Technology Center, Department of Civil Engineering, Vitória (ES), Brazil

calmonbarcelona@gmail.com

Cristina Engel de Alvarez

Federal University of Espírito Santo, Planning and Project Laboratory, Vitória (ES), Brazil

cristina.engel@ufes.br

RESUMO: Esta pesquisa teve como objetivo comparar os sistemas CAD e BIM com foco nas possibilidades de interoperabilidade de ambos com as ferramentas de simulação e avaliação de eficiência energética da edificação (BEM – *Building Energy Modeling*). Foi realizada uma investigação em livros, periódicos, artigos e trabalhos científicos publicados em eventos visando mapear as ferramentas de avaliação de eficiência atuais e mais utilizadas como interface dos dois principais motores de simulação, o DOE 2 e o *EnergyPlus*, assim como os formatos de compartilhamento com as ferramentas de modelagem da edificação. Os critérios adotados para a comparação entre programas BIM e CAD com as ferramentas de avaliação foram os tipos de compartilhamento, os formatos, e a possibilidade de inserção de informações nos modelos compartilhados, sendo mapeados os formatos IFC, gbXML, DXF e DWG. Constatou-se que o sistema BIM possui relevante superioridade em relação ao CAD. Constatou-se que os modelos do primeiro permitem a incorporação de informações com características dos objetos e componentes, e podem ser compartilhadas com as ferramentas de avaliação, enquanto que o segundo compartilha somente a geometria e as informações do modelo necessárias para a avaliação, devendo ser inseridas manualmente nos programas de simulação.

Keywords BIM, CAD, Interoperability, BEM, Energy.

1 INTRODUÇÃO

Desde o seu surgimento, o CAD – *Computer Aided Design* – teve um enorme impacto no desenvolvimento de produtos na indústria de engenharia. A *National Academy of Engineering* (NAE), em 1989, reconheceu o CAD como uma das maiores conquistas da engenharia nos últimos 25 anos, e a *American Society of Mechanical Engineers* como uma das maiores tecnologias do século 20 (Petroski, 2000). De forma semelhante, o desenvolvimento do *Building Information Modeling* (BIM) nas últimas décadas alterou as formas tradicionais de desenhar, assim como os padrões de comunicação no setor da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC). O BIM rompeu com antigos paradigmas no processo convencional de projetar, sendo definido por Penttilä, (2006) como um conjunto de inter-relações de processos, políticas e tecnologias que suscitam em abordagem sistemática de gestão de dados do projeto em formato digital por todo o ciclo de vida de uma edificação.

Tendo como apoio ao CAD/BIM para a tomada de decisões durante a elaboração de projetos das edificações, um grande número de ferramentas de análise energética da edificação está disponível ao público. O *International Building Performance Simulation Association* – IBPSA, responsável pelo *Building Energy Simulation Tools* – BEST-D, possui um diretório na internet que disponibiliza mais de 80 destas ferramentas, cujo diretório era hospedado anteriormente pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos – US-DOE. O *Industry Foundation Classes* (IFC), liderado pelo *buildingSMART*, desempenha importante papel para promover a interoperabilidade entre as ferramentas CAD/BIM especialmente para as avaliações de eficiência da edificação. Outro formato também muito utilizado neste intercâmbio de informações é o *Extensible Markup Language* (XML) através do esquema *Green Building XML* (gbXML). Estes formatos são amplamente apoiados pelos desenvolvedores de ferramentas BIM e de avaliação de eficiência da edificação.

Apesar das vantagens conhecidas, para Augenbroe *et al.* (2003) e Dong *et al.* (2007), a interoperabilidade de dados das ferramentas BIM com pacotes de programa de avaliação de eficiência permanece incompleta, possibilitando avaliações subjetivas de eficiência energética da edificação. Segundo Crawley *et al.* (2005), a subjetividade destas avaliações é devido à ausência de um formato padrão e as diferentes estruturas de dados entre os programas de análise, acarretando em orientações específicas deficientes, limitações na sincronização de dados e interfaces pouco amigável dos programas.

2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é apresentar as formas de integração entre sistemas e programas destinados à Arquitetura, Engenharia e Construção, comparando o CAD e o BIM em relação à possibilidade de inserir informações nos modelos que possam ser compartilhadas com ferramentas de avaliação de eficiência das edificações, denominadas de BEM – *Building Energy Modeling*.

3 METODOLOGIA

Tratando-se de uma pesquisa baseada na revisão bibliográfica, adotou-se o procedimento de comparação entre programas BIM e CAD com as ferramentas de avaliação os tipos de compartilhamento, os formatos, e a possibilidade de inserção de informações nos modelos compartilhados, sendo mapeados os formatos IFC, gbXML, DXF e DWG.

4 INTEGRAÇÃO VERSUS INTEROPERABILIDADE

Segundo Chen *et al.* (2008), a interoperabilidade significa convivência, autonomia e ambiente associado; enquanto a integração está mais ligada aos conceitos de coordenação, coerência e uniformização. Para os autores, num sistema integrado, o grau de vinculação (o quanto estão intimamente ligados) indica componentes interdependentes, que não podem ser separados. No caso da interoperabilidade entendem que os componentes estão conectados por uma rede de comunicação onde podem interagir, trocando serviços e operando em seu local original. Desta forma, dois sistemas integrados são inevitavelmente interoperáveis, mas dois sistemas interoperáveis não são necessariamente integrados (Chen & Doumeingts, 2003).

Segundo Isikdag *et al.* (2007) integração de programa consiste no trabalho conjunto de diferentes ferramentas com intuito de agregar funcionalidade, e integração de sistema é definido por Wong *et al.* (2005) como um procedimento que interliga programas, sistemas e dispositivos em uma única estrutura para compartilhar dados. Deste modo, um sistema integrado deve ser capaz de disponibilizar aos usuários serviços associados através de programas que agregam ferramentas com funções distintas para um único objetivo (Stavridou, 1999 *apud* Lee *et al.*, 2015).

A interoperabilidade do ponto de vista da AEC é a capacidade gerencial e compartilhamento eletrônico dos dados do produto entre colaboradores do projeto (McGraw Hill, 2007). Para Garcia & Zhu (2015) a interoperabilidade significa que as informações armazenadas nos modelos de projeto de construção são transferidas para ferramentas de eficiência energética da edificação, de modo que a simulação e análise do desempenho de consumo de energia da construção ocorram sem a necessidade de correção de erros oriundos do processo de compartilhamento das informações.

Para Sanguinetti *et al.* (2009) dois fatores afetam a comunicação: a troca de dados entre o projeto e modelos de análise; e a agregação dos resultados da simulação para alcançar a transparência no processo de avaliação do projeto. Como o modelo de informações de construção muda continuamente durante o processo do ciclo de vida do edifício, a interoperabilidade deve ser facilitada através de intercâmbios de dados estruturados.

Os formatos de dados mais utilizados para a interoperabilidade entre ferramentas BIM e BEM são o *Industry Foundation Classes* (IFC) e o *Green Building XML* (gbXML). Enquanto o gbXML é um formato de dados desenvolvido especificamente para as avaliações de desempenho energético, o IFC é usado para trocar e compartilhar dados de todo o ciclo de vida do edifício (Kim *et al.* 2012).

4.1 Industry Foundation Classes (IFC) - buildingSMART

O IFC é desenvolvido pela *International Alliance for Interoperability* (IAI), atual *buildingSMART*, desde 1994. O esquema IFC é um padrão aberto voltado para compartilhamento de dados para todo o ciclo de vida da edificação, contendo geometrias de paredes, colunas, vigas, portas, janelas e outros elementos de construção, com atributos e especificações dos objetos (Kim *et al.*, 2016).

A partir da versão IFC 2x3 foi introduzido a especificação ifcXML, usando esquema XML, para fornecer uma descrição completa do edifício e do local de construção, além de detalhes construtivos e de componentes, elementos estruturais e análise estrutural, especificação dos equipamentos, e detalhes de elétrica e hidráulica (Shen *et al.*, 2010). Segundo Cemesova *et al.* (2015) uma limitação fundamental do esquema IFC é que não inclui uma descrição das propriedades energéticas na especificação principal do modelo.

4.2 Green Building XML – gbXML

O gbXML (*Green Building XML*), desenvolvido pela *Green Building Studio* desde 1999, antiga GeoPraxis, facilita a troca de dados entre os programas BIM e de análise de energia (Moon *et al.*, 2011). O XML (*Extensible Markup Language*) é um tipo de linguagem baseada na web, que facilita o compartilhamento do esquema gbXML e permite que programas compartilhem informações com pouca ou nenhuma interação humana (Moon *et al.*, 2011 e Garcia & Zhu, 2015).

Para Howell & Batcheler (2005) gbXML fornece um mecanismo padronizado de compartilhamento entre as fontes de informação do modelo de construção (BIM) e de simulação e avaliação de energia (BEM). O sucesso de gbXML, segundo os autores, decorre de seu foco em um processo claramente definido, e de alto valor, que permite o uso de padrões de dados abertos e de desenvolvimento de programa que facilite a adoção.

5 SISTEMAS CAD, BIM E AVALIAÇÃO ENERGÉTICA.

O CAD (*Computer Aided Design*) é uma das tecnologias mais simples e antigas utilizadas na indústria. A premissa inicial do sistema foi automatizar a tarefa de elaboração do desenho tradicional manual para um dispositivo equipado com uma ferramenta digital, o computador e o programa. Com uma interface gráfica não muito amigável inicialmente, o foco de aplicativos CAD foi representar a geometria 2D através de elementos gráficos, como linhas, arcos, símbolos, e outros. Neste contexto, as paredes são representadas como linhas paralelas (Howell & Batcheler, 2005). A evolução do CAD 2D surge com o sistema *Object-Oriented CAD* (OOCAD) que substitui componentes 2D por elementos de construção (objetos), capazes de representar o comportamento de elementos de construção, que podem receber atributos não-gráficos (Vanlande *et al.*, 2008).

À medida que a complexidade dos projetos aumenta e o desenvolvimento de produtos se torna mais distribuída, faz-se necessária uma maior e mais precisa troca de informações, assim como, a incorporação de parâmetros pelos componentes do projeto. O sistema tradicional CAD mostra-se incapaz de suportar adequadamente as novas necessidades impostas pela indústria de AEC, ficando para os novos sistemas e programas este papel.

Já a tecnologia BIM (*Building Information Modeling*) permite criar digitalmente modelos virtuais precisos de uma construção. Eles oferecem suporte ao projeto ao longo de suas fases, permitindo melhor análise e controle dos processos e compartilhamento de informações (Eastman *et al*, 2011).

Segundo Checcucci (2014) a *buildingSMART* e o comitê americano *National Institute of Building Sciences* (NIBS) categorizam BIM de três maneiras: 1) um produto, ou representação digital inteligente de dados para tomadas de decisões durante o ciclo de vida de uma edificação; 2) uma atividade - processo colaborativo (organização e controle); e 3) um sistema – estrutura de trabalho e comunicação para gerenciar o ciclo de vida da edificação e aumentar a sua qualidade e eficiência.

Para Azevedo (2009) a características principais de um modelo BIM são: a) criação e análise de projeto digital; b) baseado em objetos paramétricos; c) agrupamento da informação e d) interoperabilidade.

5.1 Comparação e Transição CAD e BIM

O BIM é um modelo 3D inteligente que permite planejar, projetar e gerenciar edifícios mais racionalmente. Em vez de desenhar apenas linhas e arcos conforme o tradicional CAD, as ferramentas do sistema BIM possuem objetos inteligentes como paredes, telhados, janelas, portas, estrutura da edificação, forma e orientação. Para a modelagem energética são necessários dados suplementares, tais como composição e propriedades térmicas de cada material. A maior e mais importante diferença entre o CAD e o BIM é com relação à geometria. Nos sistemas BIM a geometria, e os objetos, possuem parâmetros. A parametrização torna o modelo integrado, regido por regras e com informações disponíveis e concretas. A Tabela 1 apresenta as principais diferenças entre CAD e BIM. O sistema CAD foi dividido em bidimensional e tridimensional, e ambos permitem compartilhamento do modelo com ferramentas de eficiência energética.

Tabela 1: Principais diferenças entre os sistemas CAD e BIM

Recurso	Sistemas CAD bidimensional e tridimensional	Sistemas BIM
Representação geométrica	Bidimensional e Tridimensional.	Geometria, dados e parâmetros bidimensionais e Tridimensionais,
Parametrização	Objetos não possuem parâmetros; representações gráficas com alterações manuais.	Objetos paramétricos; gera representações gráficas automáticas a partir do modelo principal; alterações gráficas automáticas em todas as plantas do modelo
Propriedade dos materiais	Não possuem atributos especificando as propriedades dos materiais	Possuem banco de dados com informações referentes às propriedades dos materiais
Colaboração entre as equipes	Não permite a colaboração simultânea no mesmo arquivo	Permite colaboração simultânea entre as equipes do projeto
Interoperabilidade	Exportação em formatos DWG, 2D e 3D DXF, DWFx, 2D e 3D DWF	Interoperabilidade – o modelo pode ser exportado em vários formatos
Sustentabilidade	Não possuem estratégias sustentáveis, mas permite compartilhamento com programas de avaliação energética.	Possuem estratégias sustentáveis - permite compartilhamento com programas BEM e possibilita análise dos atributos e comportamentos dos materiais
Planejamento e gestão	Não possuem ferramentas ou são limitadas	Possuem ferramentas para planejamento e gestão da construção
Pós-ocupação	Não gerenciam pós-ocupação	Possibilita gerenciamento pós-ocupação

A Tabela 2 apresenta os principais programas BIM disponíveis no mercado, com uma breve comparação das diferentes abordagens adotadas por cada um dos principais fornecedores de soluções BIM e também o programa que pode ser considerado como a transição entre o tradicional CAD e o BIM.

Tabela 2: comparativo entre programa BIM

Fabricante	Programa	Descrição
Autodesk	Autodesk Architectural Desktop-ADT	Fornece uma abordagem de transição do CAD para BIM, cria o seu modelo de construção com fraca dependência, utiliza mecanismos para criar plantas adicionais do edifício, relatórios e planejamento.
Autodesk	Revit	Sistema BIM com única base de dados de um projeto. Capaz de coordenar todos os elementos de construção em banco de dados único, capacidade de ver imediatamente os resultados de quaisquer revisões de projeto feitas no modelo.
Bentley	Microstation	O projeto integrado compreende a aplicação de módulos: Bentley Architecture (ou Microstation), Bentley Estruturas, Bentley HVAC, etc.. Comunicação com o CAD. OS mais altos níveis de interoperabilidade só são alcançados quando toda a família de produtos Bentley é implantada em um projeto.
Graphisoft	ArchiCAD	Cria um modelo de construção virtual, utiliza modelo de construção virtual em vez de um repositório central para todo o projeto.
Nemetschek	ALLPLAN	Interface pouco amigável e possui interoperabilidade IFC.

5.2 Programas de Eficiência Energética

Programas de análise de eficiência energética estudam o desempenho de uma edificação por todo o seu ciclo de vida. A IBPSA disponibiliza na internet programas que diferem em várias funções, dentre elas, as interfaces gráficas do usuário e a sua capacidade de troca de dados com aplicativos BIM. Desenvolvidas inicialmente para analisar o ciclo de vida do edifício ainda na fase de projeto, fornecendo dados para tomada de decisões, a evolução dessas ferramentas conduz para uma utilização mais ampla sobre todas as fases da vida de um edifício (Maile *et al.*, 2007).

Os principais motores de análise de desempenho foram desenvolvidos pelo *Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL)* junto com o *US-Department of Energy*: *Doe-2* e *EnergyPlus*. O *DOE-2* é "amplamente reconhecido como o padrão da indústria" (U.S. DOE 2007) e o *EnergyPlus*, seu sucessor, ganhou vários prêmios desde o seu lançamento em 2001 (Maile *et al.*, 2007). O motor *DOE-2* surgiu no início da década de 1980, é um dos motores de simulação térmico mais utilizado atualmente, sendo desenvolvido para estudar o desempenho energético de todo o edifício durante a fase de projeto (Birdsall *et al.*, 1990 *apud* Maile *et al.*, 2007). Para Maile *et al.* (2007), o *EnergyPlus*, disponível em 1999/2000, utiliza as melhores características de dois motores de simulação de energia, o *DOE-2* e o *BLAST*, resultando no "motor de simulação de nova geração".

O *DOE-2* não fornece quaisquer dados de importação ou de intercâmbio com outros programas, enquanto o *EnergyPlus* não possui interface gráfica amigável aos usuários, desta forma, ambos necessitam de outras ferramentas para operação e compartilhamento. Hernández *et al.* (2015) divide os principais programas BEM em dois grupos, os que utilizam o mecanismo de cálculo desenvolvido pelo *US-Department of Energy* (US-DOE) e os que utilizam motor próprio para cálculo. A Tabela 3 apresenta os motores de simulação e as características dos programas.

Tabela 3: Motores de simulação e características principais dos programas

Programa	Motor	Características
EnergyPlus	EnergyPlus	<ul style="list-style-type: none"> – Ferramenta de análise energética e de simulação de carga térmica, não fornece interface direta com o sistema BIM, necessita de outros programas como o DesignBuilder (Moon et al., 2011); – Pode ser usado para calcular o consumo de energia utilizando dados de tempo através de simulações anuais e também para analisar sistemas de HVAC, balanço de cargas térmicas, fluxo de calor multi zonas e luz solar natural (Kim et al. 2012). – Combina assistente para a criação da edificação com de avaliação da eficiência energética (BEM), e relatórios gráficos. Não importa arquivo gbXML diretamente, usa o Green Building Studio (GBS) (Moon et al., 2011):
eQUEST	DOE-2	<ul style="list-style-type: none"> – Desenvolvido para uso durante as várias fases de concepção de um projeto de construção, fornece dois assistentes de projeto, o Schematic Design (SDW) e o Design Development Wizards (DDW), que podem ser usados para simplificar a entrada de dados, através do uso de parâmetros. Realiza simulação para análise de eficiência energética e HVAC. Importa formato DWG e gbXML (Maile et al., 2007).
IES Virtual Environment	Própio	<ul style="list-style-type: none"> – Sistema integrado que gera simulações a partir do modelo principal. Possui ferramentas de análise térmica, planejamento de custos, análise de ciclo de vida, análise do fluxo de ar, iluminação e segurança dos ocupantes. Importa arquivo gbXML (Moon et al., 2011); – Conjunto integrado de programas para construção aplicados na análise de energia, possui modelagem própria e funções de análise de perda e ganho de calor, luz solar natural e climatização, importa arquivos gbXML (Kim et al. 2012).
Design Builder	EnergyPlus	<ul style="list-style-type: none"> – Ferramenta para avaliação de opções de fachadas, análise de iluminação natural, visualização de layouts de sites e proteção solar, simulação térmica da ventilação natural, e dimensionamento de equipamentos e sistemas HVAC. É desenvolvida para ser usada em apoio de todas as fases do processo de projeto, também suporta importação de "dados de pesquisa" recolhidos de edifícios existentes. Suporta somente definições de sistema de climatização compacto (Maile et al., 2007).
RIUSKA	DOE-2	<ul style="list-style-type: none"> – Pode importar a geometria do edifício no formato de todas as versões principais do IFC, junto com seis parâmetros térmicos característicos para cada espaço (projeto condicionamento térmico por conjunto de pontos, o ganho e a perda de calor, taxas de fluxo de ar) que podem ser descritos para o arquivo IFC (Maile et al., 2007).
Green Building Studio	DOE-2	<ul style="list-style-type: none"> – Ferramenta de análise de energia baseada na Web, permite carregamento de arquivo gbXML (Green Building Extensible Markup Language) para análises de simulação de energia, gráficos com os resultados da análise podem ser gerados (Garcia & Zhu, 2015).
AECOSim Energy Simulator and Hevacomp	EnergyPlus	<ul style="list-style-type: none"> – As ferramentas foram desenvolvidos com base no mecanismo de simulação EnergyPlus. Permitem, através de trocas mútuas, os arquitetos avaliarem rapidamente os projetos de nova edificação e retro-fit (Garcia & Zhu, 2015).

5.3 Interoperabilidade CAD, BIM e Programa de Eficiência Energética

A interoperabilidade precisa ser uma troca de dados sem costura entre as ferramentas CAD/BIM e BEM para não gerar dados duplicados. Deve permitir a atualização bidirecional de informações do modelo de forma que as mudanças realizadas em um programa devem ser capazes de fluir entre as ferramentas (Kumar, 2008). Desta forma, a transferência de dados entre CAD/BIM e BEM desempenham um papel fundamental, a fim de reduzir o retrabalho e criar de forma simples os modelos de eficiência energética (Bazjanac, 2008). Clarke & Hensen (2015) afirmam que a questão central para a integração de processos de projeto é como transferir informações entre as ferramentas sem a necessidade de acessar

diferentes modelos BIM. Segundo Gourelis & Kovacic (2016) a troca de informações entre BIM e BEM deve ser, preferencialmente, através dos padrões de referências IFC e gbXML. Em relação ao CAD e BEM os padrões DWG e DXF permitem a troca de informações.

A Tabela 4 apresenta os autores que têm pesquisados os programas de desempenhos energéticos e a interoperabilidade com os sistemas CAD e BIM, mostrando quais os padrões de referência utilizam para o compartilhamento das informações.

Tabela 4: Autores que pesquisaram os padrões de referência utilizados pelos programas de simulação para interoperabilidade

Programa	Interoperabilidade (padrões referências)				Autores
	IFC	gbXML	DXF	DWG	
EnergyPlus	X	X	X		<ul style="list-style-type: none"> - Moon, H. J., Choi, M. S., Kim, S. K. & Ryu, S. H. (2011); - Hernández, A. V. P., Quintero, J. S. R., Borda, J. A. V. & Tienda, J. L. P. (2015); - Maile, T., Fischer, M. & Bazjanac, V., (2007); - Garcia, E. G. & Zhu, Z. (2015); - Kim, I., Kim, J. & Seo, J. (2012).
eQUEST		X		X	<ul style="list-style-type: none"> - Moon, H. J., Choi, M. S., Kim, S. K. & Ryu, S. H. (2011); - Hernández, A. V. P., Quintero, J. S. R., Borda, J. A. V. & Tienda, J. L. P. (2015); - Maile, T., Fischer, M. & Bazjanac, V., (2007); - Garcia, E. G. & Zhu, Z. (2015).
IES Virtual Environment	X	X	X		<ul style="list-style-type: none"> - Moon, H. J., Choi, M. S., Kim, S. K. & Ryu, S. H. (2011); - Hernández, A. V. P., Quintero, J. S. R., Borda, J. A. V. & Tienda, J. L. P. (2015); - Kim, I., Kim, J. & Seo, J. (2012).
Design Builder		X	X		<ul style="list-style-type: none"> - Hernández, A. V. P., Quintero, J. S. R., Borda, J. A. V. & Tienda, J. L. P. (2015); - Maile, T., Fischer, M. & Bazjanac, V., (2007).
RIUSKA	X				<ul style="list-style-type: none"> - Kim, I., Kim, J. & Seo, J. (2012); - Maile, T., Fischer, M. & Bazjanac, V., (2007).
Green Building Studio		X	X	X	<ul style="list-style-type: none"> - Hernández, A. V. P., Quintero, J. S. R., Borda, J. A. V. & Tienda, J. L. P. (2015); - Maile, T., Fischer, M. & Bazjanac, V., (2007); - Garcia, E. G. & Zhu, Z. (2015); - Kim, I., Kim, J. & Seo, J. (2012).
AECOSim Energy Simulator e Hevacomp		X	X	X	<ul style="list-style-type: none"> - Garcia, E. G. & Zhu, Z. (2015);

6 CONCLUSÃO

O sistema BIM em relação ao CAD permitiu à indústria da AEC expandir o controle em todas as etapas de uma edificação, devido principalmente pela parametrização, a inserção de informações técnicas dos objetos e componentes do modelo, e o compartilhamento destes dados, os quais o CAD e seus formatos de compartilhamento não permitem. A ampla utilização do CAD ainda na atualidade demonstra a força e importância que o sistema possui. No campo da avaliação da eficiência energética, os dois principais motores de modelagem de desempenhos apresentados neste trabalho iniciaram e mantêm a

interoperabilidade com as ferramentas CAD, assim como os programas que utilizam estes motores, mesmo os mais atuais.

Os dois formatos apresentados adotados pelo BIM, o IFC e o gbXML, permitem o compartilhamento de informações e característica das edificações, porém, não são suportados por todas as ferramentas e possuem atributos e funções distintas, dificultando e limitando a interoperabilidade BIM e BEM. O avanço e a evolução da tecnologia BIM e dos formatos são cada vez maiores e com períodos mais curtos, demonstrando a busca pela ampliação do uso do sistema e o compartilhamento completo das informações, contudo, os desenvolvedores das ferramentas BEM demonstram através de novos produtos e interfaces mais amigáveis, que o CAD ainda é um sistema muito presente.

Desta forma, questões ainda estão em aberto, necessitando de mais aprofundamento e tempo, dentre as quais pode-se destacar: a) se o sistema CAD será totalmente substituído pelo BIM; b) se a interoperabilidade BIM e BEM será completa e universal; c) se as ferramentas BEM continuarão contemplando o CAD nas suas atualizações; e d) se os programas CAD evoluirão na interoperabilidade com os programas BEM.

7 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPES – Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do ES.

REFERÊNCIAS

- Augenbroe G., de Wilde P., Moon H.J. & Malkawi A. 2003. The design analysis integration (DAI) initiative, *Proceedings of the 8th IBPSA Conference, Netherlands* – 79-86.
- Azevedo, O. J. M., 2009. Metodologia BIM - Building Information Modeling na Direção Técnica de Obras. 114 f. *Dissertação (Mestrado). Universidade do Minho. Braga* – PT.
- Bazjanac, V. 2008. *IFC BIM-based methodology for semi-automated building energy performance simulation*. Lawrence Berkeley National Laboratory.
- Cemesova, A., Hopfe, C. J. & Mcleodc R. S. 2015. *PassivBIM: Enhancing interoperability between BIM and low energy design software, Automation in Construction* 57: 17–32
- Checcucci, E. S., 2014. Ensino-aprendizagem de BIM nos cursos de graduação em Engenharia Civil e o papel da Expressão Gráfica neste contexto. 235 f. *Tese (Doutorado). Universidade Federal da Bahia, Salvador/BA*
- Chen, D. & Doumeingts, D. 2003. European Initiatives to develop interoperability of enterprise applications – basic concepts, framework and roadmap, *Journal of Annual reviews in Control* 27 (3): 151–160.
- Chen, D., Doumeingts, G. & Vernadat, F. 2008. *Architectures for enterprise integration and interoperability: Past, present and future, Computers in Industry* 59: 647–659
- Clarke, J. A. & Hensen, J. L. M., 2015. *Integrated building performance simulation: progress, prospects and requirements. Build Environ* 91: 294–306.
- Crawley D.B., Hand J.W., Kummert M. & Griffith B.T. 2005. *Contrasting the capability of building energy performance simulation programs, United States Department of Energy and University of Strathclyde and University of Wisconsin*.
- Dong B., Lam K. P., Huang Y. C., & Dobbs G. M. 2007. A comparative study of the IFC and gbXML informational infrastructures for data exchange in computational design support environments, *Building Simulation*, p.1530-1537.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. & Liston, K., 2011. *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*, 2nd Edition. John Wiley & Sons, New Jersey.
- Garcia, E. G. & Zhu, Z. 2015. Interoperability from building design to building energy modeling, *Journal of Building Engineering* 1: 33–41

- Gourlis, G. & Kovacic, I. 2016. *Building Information Modelling for analysis of energy efficient industrial buildings* – A case study, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, article in press.
- Hernández, A. V. P., Quintero, J. S. R., Borda, J. A. V. & Tienda, J. L. P. 2015. *Interoperability of building energy modeling (BEM) with building information modeling (BIM)*, SIBRAGEC – ELAGEC: 519-526, São Carlos/SP.
- Howell, I. & Batcheler, B. 2005. "Building Information Modeling Two Years Later - Huge Potential", Some Success and Several Limitations, *Laiserin Letter*, Issue: 24. available at: http://www.laiserin.com/features/bim/newforma_bim.pdf
- Isikdag, U., Aouad, G., Underwood, J. & Wu, S. 2007. Building information models: a review on storage and exchange mechanisms, *Proceedings of the CIB W78's 24th International Conference on IT in Construction* – 135-143.
- Kim, H., Shen, Z., Kim, I., Kim, K., Stumpf, A., Yu, J. 2016. BIM IFC information mapping to building energy analysis (BEA) model with manually extended material information, *Automation in Construction* – article in press
- Kim, I., Kim, J. & Seo, J. 2012 Development of an IFC-based IDF Converter for Supporting Energy Performance Assessment in the Early Design Phase, *Journal of Asian Architecture and Building Engineering* 11: 313-320
- Kumar, S. 2008. Interoperability between building information models (BIM) and energy analysis programs, *Dissertação mestrado, university of southern California*, p. 148.
- Maile, T., Fischer, M. & Bazjanac, V., 2007. *Building Energy Performance Simulation Tools - a Life-Cycle and Interoperable Perspective*, CIFE – Center for Integrated Facility Engineering, Stanford University, 1-50.
- Martins, P. C. F. 2011. A interoperabilidade entre sistemas BIM e simulação ambiental computacional: estudo de caso, *Dissertação Mestrado, Universidade de Brasília*, p. 229.
- McGraw Hill Construction, 2007. Interoperability in the Construction Industry, *SmartMarket Report*, 1-36.
- Moon, H. J., Choi, M. S., Kim, S. K. & Ryu, S. H. 2011. Case studies for the evaluation of interoperability between a BIM based architectural model and building performance analysis programs, *Proceedings of Building Simulation: 12th Conference of International Building Performance Simulation Association, Sydney* – 1521-1526
- Lee, J., Oh, M., Hong, S. W. & Jeong, Y. 2015. Integrated system for BIM-based collaborative design, *Automation in Construction* 58: 196-206
- Penttilä, H. 2006. *Describing the changes in architectural information technology to understand design complexity and free-form architectural expression*, *J. Inf. Technol. Constr.* 11: 395-408.
- Petroski, H. 2000. *Time-sensitive material*. *American Scientist* 88(1):18-21.
- Sanguinetti, P., Eastman, C. & Augenbroe G. 2009. Courthouse energy evaluation: BIM and simulation model interoperability in concept design, *Eleventh International IBPSA Conference, Glasgow, Scotland* – 1922-1929
- Shen, W., Hao, Q., Mak, H., Neelamkavil, J., Xie, H., Dickinson, J., Thomas, R., Pardasani, A. & Xue H., 2010. *Systems integration and collaboration in architecture, engineering, construction, and facilities management: A review*, *Advanced Engineering Informatics* 24: 196-207
- Vanlande, R., Nicolle, C. & Cruz, C. 2008. IFC and building lifecycle management, *Automation in Construction* 18: 70-78
- Wong, J.K.W., Lia, H., Wangb, S.W. 2005. Intelligent building research: a review, *Automation in Construction* 14: 143-159.



Abordagem do BIM na produção científica brasileira: Uma pesquisa bibliométrica

(CALMON, J. L.¹, CAVALCANTE, M. C.², E SALUME, A. F.³)

João Luiz Calmon

Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Engenharia Civil (UFES/FAPES), Vitória (ES), Brasil

calmonbarcelona@gmail.com

Marianne Cortes Cavalcante

Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Engenharia Civil (UFES), Vitória (ES), Brasil

marianneccavalcante@gmail.com

Alberto Frederico Salume

Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Engenharia Civil (UFES), Vitória (ES), Brasil

afscosta11@gmail.com

ABSTRACT: *Building Information Modeling (BIM)* está transformando como as edificações são projetadas, construídas, operadas, mantidas e demolidas, e tem atraído uma atenção significativa como um processo que pode impactar positivamente no desempenho dos projetos de arquitetura, engenharia e construção. O BIM pode facilitar a coordenação multidisciplinar em todos os estágios do ciclo de vida de um edifício. A pesquisa e o uso dos processos BIM no Brasil é incipiente. Este artigo objetiva promover uma pesquisa bibliométrica do escopo da literatura brasileira sobre BIM e descreve a quantidade de publicações, as distribuições anuais de publicações, universidades com produções mais expressivas e as respectivas regiões geográficas, os principais autores, além de propor uma categorização temática para publicações. O trabalho é desenvolvido com base em uma extensa pesquisa bibliográfica em periódicos, documentos, congressos e dissertações de mestrado e doutorado de autoria brasileira. Os resultados mostram que, embora haja uma pequena contribuição brasileira significativa no campo internacional, houve um aumento gradual nas publicações nos últimos anos.

Keywords BIM, construção, sustentabilidade, bibliometria, Brasil

1. INTRODUÇÃO

As comunidades da Arquitetura, Engenharia, Construção, Gerenciamento de Instalações e Desconstrução vêm sendo motivadas a gerir de maneira mais eficiente os recursos das construções (Volk et. al 2014) devido à escassez de recursos, a importância da sustentabilidade nas edificações (Akbarnezhad et. al 2014), e leis mais rigorosas para a reciclagem e reuso dos materiais de construção (EU, 2011). Para atingir tais objetivos, e ao mesmo tempo diminuir o custo e tempo de entrega, e aumentar a produtividade e qualidade de um empreendimento (Azhar 2011), a inovação da tecnologia Building Information Modeling (BIM) - definido como um conjunto de políticas inter-relacionadas, tecnologias e processos que geram uma abordagem para a gestão de informações e dados do projeto em formato digital por todo o ciclo de vida de um edifício (Penttilä 2006, Akbarnezhad et al 2014) - propicia meios para predição, gerenciamento e monitoramento de impactos ambientais da construção e desenvolvimento do projeto através de uma tecnologia de prototipagem e visualização virtual (Wong & Zhou 2015).

No Brasil, ao ser comparado com outros países, o processo de implantação dos conceitos e processos de BIM tem sido dificultado devido à pouca padronização no setor, desde componentes aos produtos de construção, além da fragmentação dos processos de construção e falta de entendimento dos profissionais sobre as potencialidades do BIM (Souza et. al 2012). Na esfera científica, o Brasil tem publicado vários artigos abordando a temática BIM, mas muitas pesquisas abrangem conceitos básicos de BIM e revisões bibliográficas (Scheer & Ayres, 2009, Ywashima & Ilha 2010, Andrade & Chuschel 2011, Costa et. al 2014), ou se restringem a implantação e processos de projeto em escritórios de arquitetura ou construtoras (Souza et. al 2009, Lima et. al 2014).

Este artigo objetiva analisar a produção brasileira sobre o BIM em eventos e bibliométricas nacionais e internacionais e demonstrar o atual panorama em relação ao estado da arte do tema por meio de indicadores bibliométricos. Embora existam dois artigos brasileiros com análises bibliométricas referentes aos períodos de 2005-2010 (Checcucci et. al 2011) e 2010-2011 (Carneiro et. al 2012) esta pesquisa se justifica por compreender um período mais amplo da literatura brasileira (2007 à 2015), permitindo uma visão maior sobre o desenvolvimento das publicações no decorrer dos anos, e por analisar o conteúdo das publicações.

2. METODOLOGIA DA PESQUISA

A estrutura da pesquisa se baseou em outros trabalhos de mesma natureza e seu desenvolvimento se iniciou com a busca nas bases de dados virtual de produção científica disponíveis no Portal Periódicos da Capes, Infohab, ENEGEP, Scielo, Compendex®, além do acervo das bibliotecas da Universidade de São Paulo e Universidade Estadual de Campinas.

Durante a realização da busca estabeleceram-se três critérios iniciais para a delimitação da amostra: foram computadas apenas publicações relacionadas ao tema BIM de autores brasileiros; as publicações poderiam ser nacionais e internacionais em congressos e periódicos indexados, além de dissertações de mestrado e teses de doutorado; e o período compreendeu a produção científica de 2007 a 2015. Os termos utilizados para a pesquisa

foram: BIM, Building Information Modeling, Interoperabilidade, 3D, 4D, 5D, 6D, 7D, e deveriam constar nos campos assunto, título ou palavras chaves.

De acordo com os critérios adotados, foram reunidas 144 publicações acadêmicas. Esses trabalhos foram arquivados e seus dados foram listados e processados com a finalidade de permitir análises, identificação de indicadores bibliométricos e elaboração de gráficos e tabelas. Os indicadores bibliométricos utilizados para a contagem foram: distribuição anual, distribuição por autores e índice de coautoria, distribuição por universidades e regiões publicadoras. Além disso, esta pesquisa traz um diferencial em relação às demais análises bibliométricas observadas ao analisar o conteúdo a produção científica levantada, propor uma classificação temática própria e categorizá-los a fim de identificar lacunas e delinear estratégias para pesquisas futuras.

2.1 Caracterização das fontes consultadas

As fontes nacionais consultadas foram os congressos brasileiros tais como Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC), Encontro Nacional De Engenharia De Produção (ENEGEP), Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído (SBQP), Encontro de Tecnologia de Informação Comunicação na Construção Civil (TIC) e Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios (WBGPPCE), bem como o periódico Ambiente Construído, conforme tabela Tabela 1. Além disso, foram analisadas 10 teses e dissertações da Universidade de São Paulo (USP) e da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). A pesquisa identificou 116 trabalhos publicados no Brasil, sendo o ENTAC o congresso que apresentou o maior número de publicações sobre a temática, com 46 artigos distribuídos nos eventos de 2008, 2010, 2012 e 2014.

Tabela 1: Publicações brasileiras em eventos, periódicos e universidades brasileiras

	Fontes	Quantidade de publicações
Congressos	WBGPPCE (2007)	1
	TIC (2007; 2009; 2011)	24
	SBQP&WBGPPCE (2011)	7
	SBQP&TIC (2013)	17
	ENTAC (2008; 2010; 2012; 2014)	46
	ENEGEP (2015)	3
Revistas	Ambiente Construído (2013; 2014; 2015)	8
Teses e Dissertações	USP (2007; 2012; 2013; 2014; 2015)	6
	UNICAMP (2012; 2014; 2015)	4
	Total de publicações	116

Quanto às fontes internacionais, a busca foi realizada no site de pesquisas indexadas “Engineering Village” na base de dados Compendex®. Conforme mostra a Tabela 2, foram encontrados 28 trabalhos publicados nos anais dos seguintes congressos: Encontro Latinoamericano de Edificações e Comunidades Sustentáveis (ELECS), International Conference on Civil, Structural and Environmental Engineering Computing (ICCSEE), International Conference on Computing in Civil and Building Engineering (ICCCBE), Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC), CIB W102 Conference, Bim International Conference (BIC), European Congress and Exposition on

Noise Control Engineering (EuroNoise) e Conference of International Building Performance Simulation Association (BS); além dos periódicos Innovations and Advances in Computer Sciences and Engineering, IFIP Advances in Information and Communication Technology, Simulation Series, Advanced Techniques in Computing Sciences and Software Engineering, Green Design, Materials and Manufacturing Processes, Innovative Developments in Design and Manufacturing - Advanced Research in Virtual and Rapid Prototyping. A produção brasileira no âmbito internacional é pouco expressiva, mas mostra que os congressos com o maior número de trabalhos são o ICCSEE e IFIP ambos com 5 publicações.

Tabela 2: Publicações brasileiras em eventos e periódicos internacionais

	Fontes	Quantidades de publicações
Congressos	ELECS (2013)	1
	ICCSEE (2009)	1
	ICCCBE (2011; 2014; 2015)	5
	IGLC (2011; 2012; 2013)	4
	CIB-W102 (2009)	1
	BIC (2015)	3
	EuroNoise(2012)	1
	BS (2013)	1
Revistas	Innovations and Advances in Computer Sciences and Engineering(2010)	2
	IFIP Advances in Information and Communication Technology (2014; 2015)	5
	SimulationSeries (2013)	1
	Advanced Techniques in Computing Sciences and Software Engineering (2010)	1
	Green Design, Materials and Manufacturing Processes (2013)	1
	Innovative Developments in Design and Manufacturing –Advanced Research in Virtual and Rapid Prototyping (2010)	1
	Total de publicações	28

3. RESULTADOS DA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

3.1 Distribuição anual das publicações

A análise do indicador de distribuição anual das publicações demonstrou um crescimento gradual da produção científica brasileira sobre o BIM. Conforme a Figura 1, no ano de 2007, primeiro ano no período englobado pela pesquisa, foram identificadas apenas 4 publicações, o correspondente a 2,8% do total levantado, enquanto que no ano de 2014, que consiste no período de maior número de trabalhos, a quantidade é de 29 publicações, ou 20,1% do total. É importante destacar também que a partir de 2011 houve um aumento expressivo na produção, indicando uma atuação crescente das pesquisas brasileiras sobre a temática. Ressalta-se que a queda de publicações no ano de 2015 é um reflexo da inexistência eventos nacionais neste ano, visto que alguns congressos não são anuais.

Uma das causas prováveis para o aumento das pesquisas sobre a temática BIM seria o crescimento do uso da plataforma pelo mercado de construção civil brasileiro (Barbosa & Carvalho 2012). A adoção do BIM essencialmente para modelagem tridimensional, detalhamento, documentação (Hippert & Araújo 2010) visibilidade de projetos e

verificação de conflitos (Padilha Junior & Teixeira 2015), também pode ser um motivador para o desenvolvimento de pesquisas em outras áreas.

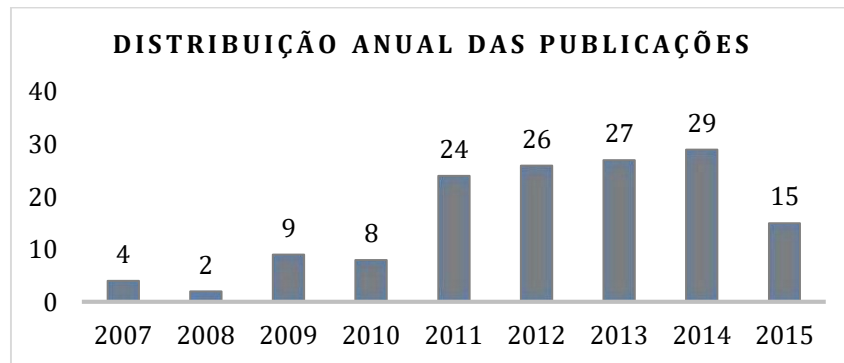


Figura 1: Gráfico de distribuição anual das publicações.

3.2 Distribuição das publicações por Universidades e Regiões

Ao analisar a produção brasileira no âmbito das universidades, foram contabilizadas 32 universidades diferentes, sendo 29 brasileiras e 3 estrangeiras. Conforme a Tabela 3, a Universidade de São Paulo (USP) foi a que participou do maior número de publicações, com 35 trabalhos, representando 21,9% do total. Os segundo, terceiro e quarto lugares são ocupados respectivamente pela UNICAMP, com 23 publicações, a UFPR, com 16 publicações, e a UFBA, com 10 publicações. Juntas, as quatro universidades representam 52,5% da produção nacional.

Tabela 3: Número de publicações por universidades.

Universidades	Quantidades de publicações	Porcentagem
Universidade de São Paulo (USP)	35	21,9%
Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)	23	14,4%
Universidade Federal do Paraná (UFPR)	16	10,0%
Universidade Federal da Bahia (UFBA)	10	6,3%
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)	9	5,6%
Universidade Federal do Ceará (UFC)	8	5,0%
Universidade Federal Fluminense (UFF)	6	3,8%
Universidade Paulista (UNIP)	5	3,1%
Universidade Cruzeiro do Sul (UNICSUL)	5	3,1%
Outras	43	26,9%

As universidades enquadradas em “Outras” na Tabela 3 possuem de 1 a 4 publicações, e correspondem a 26,9% das publicações. Este grupo é formado por 20 instituições nacionais e 3 estrangeiras, sendo elas: Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Universidade de Brasília (UNB), Universidade Estadual de Londrina (UEL), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Universidade Federal de Sergipe (UFSE), Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Unisinos, Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) Centro Universitário

Adventista de São Paulo (UNASP), Universidade Fundação Mineira de Educação e Cultura (FUMEC), Universidade Presbiteriana Mackenzie, Positivo, Universidade Feevale, Universidade Grande Rio (UNIGRANRIO) Instituto Federal do Sertão Pernambucano, Technion, de Israel, Carleton University, do Canadá, e Tamil Nadu Open University da Índia.

Dentre as publicações computadas na Tabela 3, 16 foram desenvolvidas partir de colaborações envolvendo as seguintes instituições: USP, UNIP, UNICSUL, UFRGS, Universidade Feevale, UNIGRANRIO, UEL, UFMG, UFPE, UFF, UNIVASF, UFCG, Technion, Carleton University, e Tamil Nadu Open University.

A pesquisa também investigou a distribuição das publicações por Estados brasileiros, como mostra a Figura 2, e constatou que o estado que mais produziu sobre o BIM foi São Paulo, com 73 trabalhos. Em segundo lugar tem-se o Paraná, com 22 publicações, seguido pelo Rio Grande do Sul com 14 publicações e o Rio de Janeiro com 11 trabalhos. A análise permite afirmar que a Região Sudeste foi a que mais contribuiu para a produção científica brasileira, correspondendo a 55,9% dos trabalhos, dado que pode estar associado ao maior número de instituições de ensino superior da região, melhor infraestrutura, e até mesmo à maior demanda de pesquisa na área devido às necessidades do mercado de construção civil, mais desenvolvido nessa região do Brasil.



Figura 2: Distribuição De Publicações Por Estado.

3.3 Distribuição das publicações por autores

A contagem de autores revelou que 207 autores diferentes publicaram sobre BIM, o que representa 0,69 artigos por autor ao se realizar uma média aritmética simples com o total de artigos pesquisados. Desses autores, 135 participaram de apenas uma produção. A Tabela 4 lista os 10 autores que mais publicaram sobre o tema. O número de publicações se refere a trabalhos dos quais os pesquisadores participaram como autores ou coautores. O principal pesquisador é Santos, E. T., filiado ao corpo docente da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, com 19 publicações que corresponde a 13% do total. O autor é seguido por Ruschel, R. C. com 18 publicações, filiada à Universidade Estadual de

Campinhas (UNICAMP), e Scheer, S., com 13 publicações, da Universidade Federal do Paraná (UFPR).

Tabela 4: Número de publicações por autores.

Autores	Número de Publicações	Porcentagem %
Santos, E.T. (USP)	19	13%
Ruschel, R. C. (UNICAMP)	18	12%
Scheer, S. (UFPR)	13	9%
Andrade, M. L. V. X. (UNICAMP)	8	6%
Formoso, C. T. (UFRGS)	8	6%
Melhado, S. B. (USP)	8	6%
Freitas, M. C. D. (UFPR)	8	6%
Mendes Junior, R.(UFPR)	6	4%
Amorim, A. L. (UFBA)	6	4%
Isatto, E. L. (UFRGS)	6	4%

Conforme listado na Tabela 5, a pesquisa também analisou a coautoria dos trabalhos para identificar a cooperação por publicações escritas por no mínimo dois pesquisadores, levantando 135 publicações. Dessa produção 43% das coautorias são realizadas por 2 autores e 34,1% por 3 autores. É importante destacar que das coautorias, apenas 2 possuem colaboração de autores estrangeiros, o que parece demonstrar incipiência da produção científica nacional no processo colaborativo internacional sobre o tema.

Tabela 5: Índice de coautoria por publicações com mais de 1 autor.

Colaboradores por publicação	Número de Publicações	Porcentagem
2	58	43,0%
3	46	34,1%
4	23	17,0%
5	8	5,9%
Total	135	100%

3.4 Classificação temática

Devido sua ampla abordagem no decorrer do ciclo de vida das edificações, o BIM pode ser caracterizado em dimensões, conhecidas como 3D, 4D, 5D, 6D, 7D (Czmoch & Pełkala 2014, Smith 2014), mas após a análise dos artigos, constatou-se que tal classificação não se adequaria para a categorização da literatura brasileira. Assim, baseada em termos e abordagens identificadas após extenso estudo sobre o tema, a pesquisa propôs as seguintes áreas: implementação e processos, que engloba publicações em introdução do BIM na indústria da Construção Civil e metodologia de projeto; modelagem, desenho e documentação, que abrange a produção e apresentação do modelo BIM; ensino, que engloba os ensinamentos e instruções sobre o BIM em universidades de Arquitetura e Engenharia Civil; gestão do tempo, que envolve o planejamento da construção; gestão do custo e viabilidade, sobre cálculos e levantamentos de custos; interoperabilidade, que abrange o processos e recursos de comunicação e intercâmbio de dados entre softwares; operação; manutenção e gerenciamento de instalações, que se refere a publicações com foco na fase de pós-construção; e análise do ciclo de vida e controle energético, térmico e

acústico. Os resultados são demonstrados na Tabela 6, sendo que 19 artigos foram classificados em 2 categorias por se enquadrarem em mais de uma área.

A classificação das publicações e demonstrou que a maior parte dos artigos brasileiros foca nas questões de implantação e processos, com 49 publicações, bem como na modelagem, desenho e documentação, com 41 publicações. A revisão do conteúdo dessas publicações demonstra que o uso do BIM no Brasil se dá prioritariamente como uma ferramenta não como um processo, sendo usualmente adotado para modelagem tridimensional, verificação de conflitos e geração de plantas simultâneas (Hippert & Araújo 2010, Mota & Barros Neto 2012, Barbosa & Carvalho 2012, Padilha Junior & Teixeira 2015).

Tabela 6: Definições das temáticas sobre o BIM e classificação dos artigos brasileiros.

Classificação	Número de publicações
Implementação e Processos BIM	49
Modelagem Desenho e Documentação	41
Gerenciamento do Tempo	19
Análise do Ciclo de Vida e Controle Energético, Térmico e Acústico	18
Gerenciamento de Custos e Viabilidade	15
Ensino	12
Interoperabilidade	6
Operação Manutenção e Gerenciamento de Instalações	3

A pesquisa identificou 19 publicações sobre Gerenciamento de Tempo, com abordagens principalmente em simulações do planejamento do canteiro de obras, e 15 trabalhos sobre Gerenciamento de Custo e Viabilidade, com pesquisas sobre cálculos e estimativas de custo baseados do modelo BIM (Soares & Amorim 2012, Lima et. al 2013, Mendes Júnior et. al 2013). As áreas menos pesquisadas são a de Operação Manutenção e Gerenciamento de Instalações e Interoperabilidade, que apresentaram, respectivamente 3 e 6 publicações, demonstrando a deficiência de estudos nessa área.

4. CONCLUSÃO

Com base na análise da produção científica brasileira sobre o BIM verificou-se que, embora ainda incipiente, o número de publicações sobre o assunto vem aumentando no decorrer dos anos. Ao se analisar a distribuição geográfica por estados brasileiros, observa-se uma concentração de publicações na região Sudeste, guiada principalmente pela produção científica paulista. É importante destacar também que os três autores que mais publicaram estão respectivamente vinculados às três universidades com o maior número de trabalhos. Ressalta-se também que a cooperação com universidades estrangeiras é pequena, e o aumento da colaboração internacional se mostra como um dos desafios da produção científica brasileira.

Embora o BIM apresente grande potencial para utilização Construção Civil, a revisão das 144 publicações demonstrou que indústria brasileira é deficiente no entendimento do conceito do BIM e tem usado a tecnologia apenas como ferramenta, e que a produção científica tem priorizado publicações de revisões bibliográficas, pesquisas exploratórias sobre a implantação em escritórios e construtoras, simulações hipotéticas de

planejamento, levantamentos de quantitativos e análises de ciclo de vida superficiais, que desconsideram algumas etapas do processo construtivo.

Torna-se importante destacar que o BIM pode trazer uma grande contribuição no que se refere à sustentabilidade das cidades e das edificações principalmente ao possibilitar simulações ambientais e avaliação do ciclo de vida energético, sendo que nesse aspecto, existe uma grande carência de pesquisas tanto em nível nacional como internacional. Além dessas abordagens tem-se como desafios, pesquisas e iniciativas que abordem a implementação do BIM em todo o ciclo de vida do empreendimento, questões legais e contratuais, padronização, bibliotecas, práticas de planejamento e orçamento, gestão pós-construção, interoperabilidade entre as plataformas, análises ambientais e desconstrução.

Embora esse artigo não tenha considerado nos seus objetivos o estado da arte de BIM em nível internacional, sugere-se a necessidade de identificarem-se as lacunas existentes para o desenvolvimento do BIM em nível internacional, realizando um comparativo com os estado da arte no Brasil. Este trabalho poderá ajudar no direcionamento dos projetos de pesquisa e desenvolvimento.

O BIM consiste em um novo paradigma para a indústria de Construção Civil brasileira e as melhorias dos processos serão promovidas não apenas com soluções pragmáticas e de curto prazo, mas através da maturidade organizacional, evolução dos procedimentos e fluxos de trabalho que aliem a plataforma em todo o processo.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

REFERÊNCIAS

- Akbarnezhad, A., Ong, K. C. G., & Chandra, L. R. 2014. Economic and environmental assessment of deconstruction strategies using building information modeling. *Automation in Construction*, 37, 131-144.
- Azhar, S. 2011. Building Information Modeling (BIM): Benefits, Risks, and Challenges for AEC Industry. *Leadership Management Engineering*, 11(3): 241-252, 2011.
- Barbosa, V. C. S. & Carvalho, M. T. M. 2012. Impactos Do Uso X Perfil Das Empresas E Analisar Seus Processos De Gestão De Projetos. XIV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC). Juiz de Fora, 29-31 October 2012.
- Carneiro; T. M., Lins, D. M. O. & Barros Neto, J. P. 2012. Building Information Modeling: Análise da Produção Científica nos Anos de 2010 e 2011. XIV ENTAC - Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Juiz de Fora, 29 a 31 de Outubro de 2012.
- Cherucci, E. S., Pereira, A. P. C. & Amorim, A. L. 2011. A difusão das tecnologias BIM por pesquisadores do Brasil. V Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção Civil (TIC 2011). Salvador, 04-05 August 2011.
- Czmoch, I. & Pękala, A. 2014. Traditional Design versus BIM Based Design. *Procedia Engineering*. 91. 210-215. 2014.
- Hippert, M. A. S.; Araújo, T. T. 2010. BIM e a qualidade do projeto: um estudo de caso em uma pequena empresa de projeto. XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC), Canela 06-08 October 2010.

- Lima, A. C. L., Albuquerque, D. M. S., Pereira, I. K. L. & Melhado, S. 2014. Plataforma BIM como Sistema de Gestão e Coordenação de Projeto da Reserva Camará. XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC). Maceió, 12 -14 November 2014.
- Maciel, M., Oliveira, F., Santos, D. O Uso de Tecnologias BIM e quais os Tipos de Perdas no Processo de Elaboração de Projetos em Escritórios de Arquitetura em Aracaju-Sergipe. III Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído, VI Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção. Campinas, 24-26 July 2013.
- Maciel, M.; Oliveira, F.; Santos, D. 2014. Dificuldades para a Implantação de Softwares Integradores de Projeto (BIM) por Escritórios de Projetos de Cidades do Nordeste do Brasil. XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC). Maceió, 12 -14 November 2014.
- Mendes Junior, R., Scheer, S., Garrido, M. C. & Campestrini, T. F. 2014. Integração da Modelagem da Informação da Construção (BIM) com o Planejamento e Controle da Produção. XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC). Maceió, 12 -14 November 2014.
- Mota, P. P. & Barros Neto, J. P. 2012. Processo de Implantação do BIM em uma Construtora de Pequeno Porte. XIV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC). Juiz de Fora, 29-31 October 2012.
- Penttilä, H. 2006. Describing the changes in architectural information technology to understand design complexity and free-form architectural expression.
- Permonian R. R., Marques Neto, J. C. 2015. Diagnóstico da Gestão Dos Processos de Projetos de Arquitetura e Engenharia: Estudo de Caso em Empresas de São Carlos-SP. XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Fortaleza, 2015.
- Padilha Júnior,
Ruschel; R.C. & Fabricio, M. M. 2008. Tecnologia Da Informação e Comunicação na Construção Civil: Uma Experiência de Ensino. XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC). Fortaleza 07-10 October 2008.
- Scheer, S. & Ayres Filho, C. G. 2009. Abordando a BIM em níveis de modelagem. In SBQP 2009- Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído. São Carlos 18-20 October 2014.
- Smith, P. 2014. BIM & the 5D project cost manager. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 119, 475-484.
- Soares, R. C. & Amorim, S. R. L. 2012. Aplicação da Tecnologia BIM em Estudos de Viabilidade. XIV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC). Juiz de Fora 29-31 October 2012.
- Souza, F. R., Hisamoto, M., Santos, E. T. & Melhado, S. B. 2012. Abordagem para Introdução do Conceito BIM em Empresas Incorporadoras e construtoras Brasileiras: Análise Crítica sobre as Posturas Estratégicas, Tática E Operacional. XIV ENTAC - Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Juiz de Fora, 29 a 31 de Outubro de 2012.
- Souza, L. L. A., Lyrio Filho, A. M. & Amorim, S. R. L.. 2009. Impactos do Uso do BIM em Escritórios de Arquitetura: Oportunidades no Mercado Imobiliário. IV Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção Civil (TIC 2009). Rio de Janeiro, 17-19 July 2009.
- Uechi, M. E., Paula, N. & Moura, N. C. da S. 2013. Projeto Integrado de Edifícios – Análise da Postura dos Profissionais de Projeto. III Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído, VI Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção. Campinas, 24-26 July 2013.
- Volk, R., Stengel, J. & Schultmann, F. 2014. Building Information Modeling (BIM) for existing buildings—Literature review and future needs. *Automation in construction*, 38, 109-127.
- Ywashima, L. A. Ilha, M. S. O. Concepção de Projeto dos Sistemas Hidráulicos Sanitários Prediais: mudanças no processo de projeto com a utilização de Building Information Modeling (BIM). XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC), Canela 06-08 October 2010.
- Wong, J. K. W., & Zhou, J. 2015. Enhancing environmental sustainability over building life cycles through green BIM: A review. *Automation in Construction*, 57, 156-165.



Life Cycle Assessment and Building Sustainability Certification Systems: Could Building Information Modelling tools ease this integration?

Cristiane Bueno

University of Sao Paulo, Architecture and Urbanism Institute, São Carlos (SP), Brazil
cbueno@sc.usp.br

Márcio Minto Fabricio

University of Sao Paulo, Architecture and Urbanism Institute, São Carlos (SP), Brazil
marcio@sc.usp.br

ABSTRACT: Life cycle assessment (LCA) is an important methodology for the environment-based evaluation of building materials, components and systems and should be used within the building sustainability certification systems. The present paper reports on the state of the art of LCA as a tool for the assessment of building materials and components and analyzes its application in the sustainability certification systems of building. The analysis of the existing systems for the sustainability certification of buildings has revealed that among the main and most employed certification systems, only a few use the LCA methodology to evaluate the environmental performance of building materials and components. Most of the systems assess building materials and components by the recognition of product attributes, such as cost, durability, renewability and recycled content. The weakness of the attributes approach lies in the fact that these attributes are treated in isolation and lack the holistic concept of impact. In this context, some software tools have been developed to integrate environmental analysis into Building Information Modelling (BIM) platform, in order to facilitate such evaluation during the design process. However, it is still not possible to state whether these tools are actually accessible to the average user, from the point of view of the user interface and the results understanding, and, moreover, how much their results are accurate if compared to a full ad hoc environmental assessment. Such approach is the central point of this paper, which also aims to discuss a theoretical overview of how integration tools of LCA databases into BIM platform would ease the generation of LCA data to be applied at Building Sustainability Certification Systems.

Keywords *Environmental Assessment of Buildings, Life Cycle Assessment, Building Information Modelling*

1. INTRODUCTION

The preoccupation regarding sustainable development, especially in its environmental dimension, has resulted in dozens of Assessment Methods of Building Sustainability in different countries, with several criteria and methods of assessment and certification. However, there is no global uniform method for the certification of buildings (Stránská and Sedlák, 2012).

In order to assess the overall impact of measures of resource consumption reduction during the lifetime of a building, Life Cycle Assessment (LCA) has shown to be a valuable methodology (Verbeeck and Hens, 2010). This methodology has been recognized in the European Union in the context of 'Integrated Product Policy' (IPP) as providing "the best framework for assessing the potential environmental impacts of products currently available" (Nissinen et al., 2007). However, such a technique results in a large amount of multi-dimensional data difficult to comprehend and interpret (Bersimis and Georgakellos, 2013).

Previous studies, such as those by Erlandsson and Borg (2003), Haapio and Viitaniemi (2008) and Nibel et al. (2005) have reviewed the LCA methodology for buildings, however there are still some lacks regarding environmental indicators, complexity of LCA disclosure for users, simplifications and adaptations for different purposes (Bribián et al., 2009).

Embodied energy calculations and life cycle assessment have been pointed out as key elements in the building energy assessment, although they are often left out of regulation and certification proposals (Casals, 2006). Life Cycle Assessment (LCA) is an increasingly important evaluation tool for decision making and stakeholder discussions. When applied especially during the planning phase, it can pinpoint process steps of high environmental impact and provide guidance towards optimising the actual technology implementation (Niederl-Schimidinger and Narodoslowsky, 2008)

Given the current scenario of the assessment of environmental performance and life cycle of building systems, this paper reports on a survey of the main methods currently used for the assessment of building materials within the building sustainability certification systems, focusing on the application of life cycle assessment methodology. A previous literature review on the subject was already performed by the authors (Bueno et al., 2013) however such a scenario has been expanded and changed rapidly in recent years, pointing to the need for a new approach.

2. GOALS AND JUSTIFICATION

The purpose of this study is to build a summary table on the methods used by major building sustainability certification systems for the assessment of building components and discuss how BIM could ease LCA implementation in such scenario. The main contribution of this paper is the identification of the possibilities of implementation of LCA methodology within the building sustainability certification systems and the understanding of their strategies for such an implementation.

3. METODOS

The basis of the discussion proposed in this paper is a literature review of the studies on the applications of the LCA methodology in civil construction, as well as the parameters used by the sustainability certification systems for the assessment of building components. The methodological procedures have been divided into three main stages: a) Survey of the state of the art of the building components assessment by the main building sustainability certification systems; b) Development of a summary table of the methodologies of environmental assessment of building components used by the building sustainability certification systems considered in this paper; c) Discussion on the role of BIM platform as support for LCA application in certification systems.

The certification systems chosen are SBTool (Larsson, 2012), Green Globes (Skopek and Bryan, 2002), AQUA (Fundação Carlos Alberto Vanzolini, 2008), LEED (USGBC, 2009), BREEAM (BRE, 2011), DGNB (2012), CASBEE (JSBC, 2010) and Green Star (GBCA, 2011)

4. LCA AND ASSESSMENT OF BUILDING COMPONENTS IN THE ENVIRONMENTAL CERTIFICATION SYSTEMS OF BUILDINGS

According to Bueno et al. (2011), when the key certification systems of building environmental performance are compared, they can be standardized by organizing their evaluation categories: Design Process, Connections, Implantation, Resource Consumption, Emissions, Comfort and Environmental Quality, Services, Economic Aspects and Operation Planning. Within these categories and for each certification system, there are a number of credits which enable the analysis of the building according to various themes. The credits concerning the assessment of building components are concentrated on the categories related to resource consumption, environmental quality and emissions.

The various certification systems concentrate credits related to the evaluation of building components and materials differently. In the LEED certification system those credits are placed in the Materials and Resources and Indoor Environmental Quality categories. SBTool and Green Globes work in a similar division, concentrating those items on the Energy and Resource Consumption and Emissions (or Loadings) categories. In BREEAM, Green Star and CASBEE, such credits are comprised in the Materials and Resources category, and DGNB inserts them in a broader category named Environmental Quality. AQUA certification system has a category totally dedicated to the evaluation of materials and components: "Integrated choice of construction products, systems, and processes" Bueno et al. (2013).

Regarding the evaluation of building components within the main building sustainability certification systems, recognition product attributes, such as cost, durability, renewability, and recycled content currently prevail. This so-called attributes approach deals with those attributes alone, when in fact they are often in conflict and interfere with each other (Silva, 2007), because those certifications are based on multicriterion analysis of conflicting parameters to achieve simpler and understandable results.

Tables 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 and 8 show the evaluation methods present in the credits related to building components in some of the main building sustainability certification systems,

namely: LEED 2009, AQUA, SBTool, Green Globes, BREEAM, DGNB, CASBEE and Green Star.

Table 1: Materials and components assessment methodology in LEED certification system

Evaluative credits regarding building components	Category	Assessment methodology
Recycled Content	Materials and resources	Attributes – To evaluate the use of materials with recycled content so that constitute 10-20% of the material’s mass.
Regional Materials		Attributes – To evaluate if the distance from the extraction and production sites is shorter than 500 miles from the construction site.
Rapidly Renewable Materials		Attributes – To evaluate whether at least 2.5% of the total cost of building systems refer to rapidly renewable materials.
Certified wood		Attributes – To evaluate if at least 50% of the wooden systems are certified materials.
Low-Emitting Materials— adhesives and sealants, coatings and flooring	Indoor Environmental Quality	Attributes – All adhesives and sealants, paints and coatings, and all flooring used in the interiors must comply with the Volatile organic compound (VOC) limits.
Low-Emitting Materials— Composite wood and agrifiber Products		Attributes – Composite wood, agrifiber products and Laminating adhesives must contain no urea-formaldehyde resins.

Table 2: Materials and components assessment methodology in AQUA certification system

Evaluative credits regarding building components	Category	Assessment methodology
Constructive choices aiming at durability and adaptability of the building	Integrated choice of products, systems and construction processes	Attributes – To consider the lifespan of products and systems and processes regarding their use in the building.
Constructive choices aiming at the ease of building maintenance		Attributes – To evaluate the choice for easy-maintenance products.
Choice of construction products to limit the social and environmental impacts of construction.		Attributes – To evaluate the greenhouse gases emissions, waste generation, possibility of reuse/recycling of materials, use of renewable resources and depletion of natural resources.
Choice of construction products to limit the impacts to human health		Attributes – To evaluate the characteristics of the interior lining products in emissions of pollutants harmful to human health.

Table 3: Materials and components assessment methodology in CASBEE certification system

Evaluative credits regarding building components	Category	Assessment methodology
Reducing use of materials	Resources & Materials	Attributes – To encourage the use of high-strength materials to reduce material usage.
Continuing use of existing structural frame		Attributes – To encourage the reutilization of the existing buildings structures.
Use of recycled materials as structural frame materials		Attributes – To evaluate the use of recycled materials in the building’s main structure.
Use of recycled materials as non-structural materials		Attributes – To evaluate the use of recycled materials in non-structural applications.

Table 3: Materials and components assessment methodology in CASBEE certification system (continuation)

Evaluative credits regarding building components	Category	Assessment methodology
Timber from sustainable forestry	Resources & Materials	Attributes – To evaluate the use of timber from sustainably managed forests.
Efforts to enhance the reusability of Components and materials		Attributes – To evaluate measures to facilitate recycling at the end of building lifecycle.
Use of Materials without harmful substances		Attributes – To evaluate the reduction of chemicals which may affect the interior air quality and overall environment.
Foaming agents (insulation materials)		Attributes – To evaluate insulation materials, based on Ozone Depletion and Global Warming Potentials.

Table 4: Materials and components assessment methodology in Green Star certification system

Evaluative credits regarding building components	Category	Assessment methodology
Building reuse	Materials	Attributes – To encourage and recognize the reuse of existing buildings.
Reused materials		Attributes – To encourage and recognize designs that prolong the useful life of materials.
Concrete		Attributes – To encourage and recognize the reduction of embodied energy and resource depletion due to the use of concrete.
Steel		Attributes – To encourage and recognize the reduction of embodied energy and resource depletion associated with the use of virgin steel.
PVC		Attributes – To encourage and recognize the reduction in the use of Polyvinyl Chloride.
Timber		Attributes – To encourage and recognize the specification of reused, legally sourced and certified timber products.

Table 5: Materials and components assessment methodology in SBTool certification system

Evaluative credits regarding building components	Category	Assessment methodology
Embodied non-renewable energy in construction materials	Energy and Resource Consumption	LCA – Use and embodied energy estimating system, based on LCA.
Degree of reuse of suitable existing structure where existing		Attributes – Structural, functional and economical assessment of an existing structure.
Material efficiency of structural and building envelope		Attributes – To analyze efficient use of physical resources by building components make.
Use of virgin non-renewable materials		Attributes – To estimate and minimize the use of virgin non-renewable materials in the project.
Use of finishing materials		Attributes – To estimate the use of finishing materials in the interior of the building, to minimize resources consumption.
Ease disassembly, reuse or recycling		Attributes – To ascertain the degree to which components of the building are easy to disassemble for reuse or recycling.
GHG emissions from energy embodied in building materials	Environmental Loadings	LCA – Embodied energy estimating system, based on LCA.

Table 6: Materials and components assessment in Green Globes certification system

Evaluative credits regarding building components	Category	Assessment methodology
Minimal Consumption of Resources	Resources	Attributes – To evaluate the use of recycled, reused, locally sourced and low-maintenance materials and certified wood.
Low Impact Systems & Materials		LCA – To evaluate the use of materials with low environmental impact throughout life cycle.

Table 7: Materials and components assessment methodology in DGNB certification system

Evaluative credits regarding building components	Category	Assessment methodology
Life cycle Assessment	Environmental Quality	LCA – Application of LCA on the Building and its materials
Environmentally Friendly Material Production		Attributes – To encourage the specification of environmentally friendly produced materials.

Table 8: Materials and components assessment methodology in BREEAM certification system

Evaluative credits regarding building components	Category	Assessment methodology
Life cycle impacts	Materials	LCA – To recognize and encourage the use of construction materials with a low environmental impact over the full life cycle of the building.
Hard landscaping and boundary protection		LCA – To recognize and encourage the use of landscape and boundary protection materials with low environmental impact over the life cycle
Responsible sourcing of materials		Attributes – To recognize and encourage the specification of responsibly sourced materials.
Insulation		Attributes – To recognize and encourage the use of thermal insulation with low embodied environmental impact.
Designing for robustness		Attributes – To recognize and encourage the adequate protection of exposed elements, minimizing their replacement.

In the LEED certification system, the credits related to the issue addressed in this study use the attributes evaluation, as shown in Table 1. The first, "Materials with recycled content," evaluates the use of materials so that the sum of the pre-consumer and post-consumer recycled content constitutes 10-20% of the material, whose score varies according to the achieved percentage. The "Regional materials" credit assesses whether the distance from the place of extraction and production of the building materials is shorter than 500 miles from the construction site for at least 10-20% of the materials used. Similarly, to the previous credit, the building can reach a better score, according to the percentage achieved. In the evaluation of "Rapidly renewable materials", the objective is to use products with main rapidly renewable raw materials for at least 2.5% of the total cost of the materials and building systems. The use of certified wood is also evaluated in at least 50% of the wooden systems. Some of the credits of LEED concern the evaluation of building components comprised in the Indoor Environmental Quality category. Some of those credits, which also use the attributes method, regard the VOC (volatile organic

compounds) emissions from materials, such as adhesives and sealants, paints and coatings and flooring systems. The last credit of this category requires that the composite wood, agrifiber products and laminating adhesives used in the building contain no added urea-formaldehyde resins.

AQUA certification system presents an evaluation methodology that uses attributes in all its credits related to building components, as can be seen in Table 2. The first credit, "Constructive choices for durability and adaptability of the building" considers the lifespan of the products, systems and processes according to their use in the building. The "constructive choices for easy maintenance of the building" item evaluates the choice of products of easy conservation and maintenance, whereas in "Choice of construction products in order to limit the social and environmental impacts of the construction", the evaluation of the environmental attributes of the construction products is related to the emission of greenhouse gases, generation of waste, reuse/recycling of materials, use of renewable resources and depletion of natural resources. This is one of the credits that most resembles the concepts of LCA in this certification, however without its holistic character and observing such characteristics individually. The last credit of this certification, called "Choice of construction products in order to limit the impacts of construction to human health" considers the information on the product characteristics for linings regarding the emissions of pollutants harmful to human health.

CASBEE and Green Star rating systems are also completely based on the attributes approach, as shown in Tables 3 and 4. Green Star certification only touches the theme of LCA in the credits regarding the reduction of the building embodied energy, however it does not recommend the application of full LCA studies. The same occurs in the CASBEE rating system, which uses Global Warming and Ozone Depletion indicators to measure environmental impacts from insulation materials, indeed does not provide any guidance in the use of LCA or requirements for the evaluation of the whole life cycle of such materials.

Regarding the SBTool certification system (Table 5), several changes can be identified in comparison to its first version, the GBTool 2002, comprising important advances concerning the incorporation of the life cycle thinking in the assessment methodology. Several changes have also occurred in the attributes approach credits, in which previous credits, as "Use of salvaged materials from off-site sources", "Recycled content of materials from off-site sources" and "Use of certified or equivalent wood products" - all concerning the limitation in the use of resources - have been replaced by more general and actual credits, as "Reuse of suitable existing structure", "Material efficiency of structural and building envelope components", "Use of virgin non-renewable materials" and "Use of finishing materials". Such changes, even when implying generalizations and simplifications have pointed out to the updating and improvement of this evaluative tool in the current design practices as they facilitate its application to various building typologies, implantations and construction techniques. The "Avoidance of solid waste resulting from construction processes" credit has also been replaced by "Ease disassembly, reuse or recycling", pointing to new strategies and building systems suitable to be disassembled for reuse and recycling.

Some credits, such as those regarding emissions of ozone-depleting substances (mostly CFC) and gases leading to acidification (mostly SO₂) have been removed from the certification system, probably due to the rise of a more restrictive standardization

regarding such emissions. However, the consideration of those potential impacts must be assessed in order to assure their constant reduction. Finally, two credits have shown an evolution in the application of the life cycle methodology to the building rating systems: “Embodied non-renewable energy in construction materials” and “GHG emissions from energy embodied in construction materials”. Both credits existed in the previous version, however the evaluation method applied was based on the counting of the annualized energy consumption or emissions normalized for building areas, covering only the inventory phase of an LCA. In the SBTool 2012 version, the applied method is based on a complete LCA study, providing more reliable results, as identified by Stránská and Sedlák (2012). These last two credits must be highlighted as the main evolution in the SBTool. The use of LCA to analyze embodied non-renewable energy may lead to conclusions not only on the consumption of fossil fuels and energy, but also on the potential impacts during the production process of such materials and their embodied energy.

Green Globes uses only two credits for the assessment of the environmental performance of building materials and components, as shown in Table 6. This is probably due to the use of a full LCA study, which derives as much information as possible about the product concerned by analyzing holistically its potential environmental impacts. This certification system comprises the “Minimum consumption of resources” credit, which applies the attributes evaluation approach by considering the use of recycled, reused, locally sourced and low-maintenance materials and certified wood. However, the main evaluation credit of this certification is “Low-impact materials and systems”, which uses a full LCA to evaluate the use of materials with less environmental impact.

Table 7 shows the building materials issues assessed by the DGNB certification system. This system uses the same concept adopted by Green Globes certification, with the optional assessment of building materials by using LCA or attributes approach. Such an approach has as its weak point presenting the LCA as an optional method of assessment, giving the user the opportunity to avoid it. At this point it is important to highlight that, as the LCA methodology is highly time- and resource-consuming, the user tends to avoid its application.

Finally, Table 8 shows the credits regarding the assessment of building materials in the BREEAM rating system, which also uses both attributes and LCA approaches. The credits evaluated by attributes are related to the insulation materials, responsible sourcing of materials, and design for minimizing the maintenance of exposed building materials. On the other hand, this certification system also includes a full LCA-based credit for all building materials. The credits evaluated by attributes play a complementary role in relation to the LCA credits, once the last provide almost complete results in terms of building materials environmental impact assessment. BREEAM exhibits the most complete and consistent structure in terms of implementing LCA for the evaluation of building materials in the sustainability certification systems.

5. CONCLUSIONS

This paper has shown that, among the currently most employed building sustainability certification systems, only a few use LCA methodology to evaluate the environmental performance of building components. Most systems are based on the assessment of

building components by isolate attributes, with some timid implementation of optional LCA-based credits. Among the main reasons for the limited use of LCA in the building sustainability certification systems is its implementation complexity, as it demands considerable time and effort. Such complexity is inherent to LCA methodology, but it is worsen due to the lack of available inventory data and consensus on best practices in Life Cycle Impact Assessment (LCIA). The LCIA methodologies currently available are still limited to specific contexts and have divergent characterization methods, making it difficult the practical choice of the most appropriate method to a particular study. In addition to the complexity and high demand of time, an LCA study also requires the involvement of a multidisciplinary team, with specialized professionals, due to the need for specific knowledge of the application protocols, use of software and databases, characterization of substances potential impact, etc.

A promising possibility of incorporation of this methodology to design is the insertion of LCA data of construction systems in Building Information Modelling (BIM) platform. The recent proliferation of BIM platform applications is seeking to achieve LCA integration in the construction and it is encouraging that this is expanding to more areas of engineering and building business activities (Jung and Joo, 2011). Wu and Issa (2012) point to the BIM platform as an enabler for a more viable approach to commissioning of buildings. The authors show that, as a life cycle information management tool, the BIM features come legitimize its application in the commissioning of buildings as BIM models are comprehensive in information as they cover all Physical and functional features of a building, being to store, share and exchange data with other applications. They also can perform several complex analysis of the building simulations, producing significant results and covering of all life cycle stages.

As the purpose of implementing LCA data in the BIM platform is providing quantitative environmental information for supporting environmental prioritization of a type of element or construction system in the building design process, the functional unit should be as bounded as possible. The functional unit must be chosen and calibrated to be used in the analyses of the same in construction systems in different types of buildings. For this reason, construction systems should be considered independently (e.g., independent structure, sealing, covering, flooring, etc., as a separate function). Therefore, the potential life cycle impacts of any construction system should not interfere with other systems. Other important points are the geographic, temporal and regional scopes for data collection. Once the functional unit is defined, it is important to ensure that the same scope is used to collect data for all construction systems, especially for those with the same function.

Thereby the integration of LCA data on the BIM platform is a promising field in order to facilitate and encourage such a quantitative environmental assessment in the early design process. However, the development of methodologies and tools for such purpose is still in the early stages and there are many issues, constraints and obstacles to be overcome by researchers, developers and professionals of environmental assessment and project building design.

6. ACKNOWLEDGEMENTS

The authors acknowledge FAPESP (São Paulo Research Foundation) for the financial support given to this research under the process number 2013/24046-0.

REFERENCES

- Bersimis, S., Georgakellos, D., 2013. *A probabilistic framework for the evaluation of products' environmental performance using life cycle approach and Principal Component Analysis*. Journal of Cleaner Production, 42: 103–115.
- Bribián, I. Z., Usón, A. A., Scarpellini, S., 2009. *Life cycle assessment in buildings: State-of-the-art and simplified LCA methodology as a complement for building certification*. Building and Environment, vol. 44, pp. 2510–2520.
- Bueno, C., Rossignolo, J. A., Fiorelli, J., Savastano, H., 2011. *Avaliação de Desempenho Ambiental de Edificações Habitacionais: Apresentação de Metodologia para Análise Comparativa de Sistemas de Certificação no Contexto Brasileiro*. In: IV Encontro Latino-americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis – ELECS. Vitória, 2011. v. 1. p. 1-10.
- Bueno, C.; Rossignolo, J. A.; Ometto, A. R. *Life Cycle Assessment and the Environmental Certification Systems of Buildings*. Gestão & Tecnologia de Projetos, v. 1, p. 07-18, 2013.
- Building Research Establishment (BRE), 2011. *BREEAM New Construction: Technical Manual*. United Kingdom.
- Casals, X. G., 2006. *Analysis of building energy regulation and certification in Europe: Their role, limitations and differences*. Energy and Buildings 38(5): 381-392.
- Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB), 2012. *DGNB System: Scheme overview*. Available at: <http://www.dgnb.de/dgnb-system/en/schemes/scheme-overview/>. Accessed: 20/12/2012.
- Erlandsson, M., Borg, M., 2003. *Generic LCA-methodology applicable for buildings, constructions and operation services — today practice and development needs*. BuildingandEnvironment, 38: 919–938.
- Fundação Carlos Alberto Vanzolini, 2007. *Referencial Técnico de Certificação: Edifícios do Setor de Serviços – Processo AQUA*.
- Green Building Council Australia (GBCA), 2011. *Green Star - Office v3: Technical Manual*. Australia.
- Haapio, A., Viitaniemi, P., 2008. *A critical review of building environmental assessment tools*. Environmental Impact Assessment Review, 28:469–82.
- Japan Sustainable Building Consortium (JSBC), 2010. *CASBEE for New Construction - Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency: Technical Manual*.
- Larsson, N., 2012. *User Guide to the SBTool assessment framework*.
- Nibel, S., Luetzkendorf, T., Knapen, M., Boonstra, C., Moffat, S., 2005. *Annex 31: energy related environmental impact of buildings, technical synthesis report*. International Energy Agency. Available online at: <http://www.iisbe.org/annex31/index.html>.
- Nissinen, A., Grönroos, J., Heiskanen, E., Honkanen, A., Katajajuuri, J., Kurppa, S., Mäkinen, T., Mäenpää, I., Seppälä, J., Timonen, P., Usva, K., Virtanen, Y., Voutilainen, P., 2007. *Developing benchmarks for consumer-oriented life cycle assessment-based environmental information on products, services and consumption patterns*. Journal of Cleaner Production, 15 (6): 538–549.
- Silva, V. G., 2007. *Uso de Materiais e Sustentabilidade*. Revista Sistemas Prediais (Online). Available online at: <http://www.nteditorial.com.br/revista/Materias/>. Accessed: 10.aug.2009.
- Skopek, J., Bryan, H., 2002. *Green Globes: and online assessment tool for benchmarking building performance*. Canada.
- Stránská, Z., Sedlák, J., 2012. *Life-cycle assessment of buildings for sustainable development*. Life-Cycle and Sustainability of Civil Infrastructure Systems - Proceedings of the 3rd International Symposium on Life-Cycle Civil Engineering, IALCCE 2012, pp. 1840-1848, Vienna.
- United States Green Building Council (USGBC). *LEED (Leadership and Energy & Environmental Design): Green Building Rating System – Version 3*. January, 2009.
- Verbeeck, G., Hens, H., 2010. *Life cycle inventory of buildings: A contribution analysis*. Building and Environment, Volume 45, Issue 4.



The use of BIM for the sustainable design

Bárbara Holzmann Mass

Federal University of Paraná, Postgraduate Program in Construction Engineering, Curitiba (PR), Brazil

barbarahmass@gmail.com

Sérgio Scheer

Federal University of Paraná, Postgraduate Program in Construction Engineering, Curitiba (PR), Brazil

sergioscheer@gmail.com

Sérgio Fernando Tavares

Federal University of Paraná, Postgraduate Program in Construction Engineering, Curitiba (PR), Brazil

sergioftavares@gmail.com

ABSTRACT: The construction industry is a great generator of environmental impacts by excessive consumption of raw materials, high energy consumption and amount of waste generated. In this context, there is an effort to mitigate these negative impacts, seeking better alternatives to create more sustainable buildings. Through the literature review methodology, this study aims to explore the use of BIM – Building Information Modeling – as a facilitator in the sustainable buildings production process. Besides the exhibition of key-concepts about the subject, showing the possible integration and collaboration between them, some case studies are reviewed, presenting the results of practical applications of BIM, aiming sustainability, in other studies. It is concluded that BIM can be a useful tool in the search for sustainability, because, as using a multidisciplinary model full of data and digital representations, it allows decisions be made in advance, avoiding rework. It can be used alone, to extract quantities, or in combination with other performance and LCA software for more complete analysis. Despite the positive aspects, BIM still has limited impact in the process of obtaining sustainable buildings, existing a need for further studies, in addition to the improvement and development of tools.

Keywords *BIM. Sustainability. Sustainable design.*

1. INTRODUCTION

The civil construction industry has a leading role in the Brazilian economy, generating more than 8 million jobs and being responsible for 6,6% of the Gross National Product in 2012 (CBIC, 2015). On the other hand, it has also a leading role in the consumption of natural resources and energy, in the occurrence of loss and the amount of waste generated, causing a lot of negative environmental impacts. Therefore, construction is put in the center of the debate about sustainable development, existing a growing discussion on how to mitigate the impacts generated by this industry. In this context, there is an effort by the design professionals in the selection of better alternatives, arising the environmental certifications and the life cycle and performance analysis.

Through literature review, this study aims to explore the use of BIM as a facilitator in the production process of more sustainable buildings. The objective is to analyze the state of the art regarding integration of LCA or sustainability assessments in BIM tools. A review of the key-concepts on the subject (sustainability in construction and BIM) is going to be made, showing the possible integration and collaboration between them. It will also be made a brief data collection and discussion of case studies, presenting the result of practical applications of BIM, aiming sustainability, in other authors' studies and, at the end, a summary of the results will be presented.

2. KEY-CONCEPTS

2.1 Sustainability in construction

The construction industry is a big generator of environmental impacts worldwide. Lachimpadi et al (2012) affirm that it uses up to 60% of the raw materials extracted on Earth: 40% of the rocks, 25% of the wood and 16% of the water. Besides, due to its size and the inefficiency of some of its processes, almost all of the activities developed in construction generate waste, being that, according to Wong & Zhou (2015), this waste contributes with 40% of all the solid waste generated in the world. They also say that approximately 10% of the final use of the global energy occurs in the manufacture of construction materials. According to Graf et al (2012), buildings consume more than half of the energy used in developed countries. So, sustainable construction practices are needed, forcing architects, planners and constructors to consider the environmental impacts of the buildings they design and build.

To measure the environmental impact of a building, Graf et al (2012) say embodied energy values can be used, being that these values can come to 40% of all the energy consumed in the 50 years life cycle of a building. Another parameter that can be used is the CO₂ emissions. The calculation process of these values, conventionally, is complicated and slow, demanding a lot of knowledge of whom is going to make it.

Oliveira et al (2015) affirm that, to improve the energy performance of Brazilian buildings, new methodologies of design development, that aim the reduction of the embodied energy and the CO₂ emissions through the life cycle, must be encouraged. This is because, to Barros et al (2015), Marcos (2009), Azhar et al (2009), Jrade & Jalaei (2013), Dowsett & Harty (2013) and Azhar et al (2011), a significant amount of the life cycle impacts of a

building (approximately 70% according to LIU et al, 2015) is determined by the decisions made at the beginning of the design phase, being the choices made in this phase and in the preconstruction stages the most effective in relation to a building's sustainability.

In the search for sustainability, there is the Life Cycle Analysis (LCA), which is a very popular tool in the evaluation of the environmental impacts of a building in each step of its life cycle, from the extraction of raw material until the final destination or reutilization of resources after the demolition (CRAWFORD, 2008). According to Barros et al (2015), because it is holistic, systemic and rigorous, the LCA is the internationally preferred method in this investigation, helping in the alternative selection and the decision making process. It is divided in four steps: goal and scope; life cycle inventory; life cycle impact assessment; and interpretation. For its realization, a specialized knowledge and a great amount of information are needed, requiring the use of computational methods, many tools and different professionals.

The conventional LCA work flow, according to Barros et al (2015), starts with the development of the architectural and complementary projects until the executive level, by the designers. Then, these projects are passed to the LCA analyst so the data can be collected from 2D drawings, existing difficulties in the extraction of information, demanding lots of resources e being subject to human errors. For the exposed, it is seen that the project and the LCA are made separately and without any connection.

According to Azhar et al (2011), in an attempt to simplify the process of impacts assessment, many countries created environmental certification systems for buildings, which assess the energy consumption, hydric efficiency, use of materials, etc. For example, in USA, there is LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), which is divided in six categories (sustainable sites, water performance, energy and atmosphere, materials and resources, indoor environmental quality, and innovation in design) and has four levels of certification (certified, silver, gold and platinum), obtained based on the number of points received.

In both processes, LCA and certifications, traditional CAD (computer aided design) often fails in the ability to perform the necessary sustainability analysis in early design stages, because they are only made after the conclusion of the construction documentation (due to the great amount of data needed that are not usually available at the beginning of the conventional process). To Azhar et al (2011), this is an inefficient process, because retroactive design changes are needed so the project can reach performance criteria and because trial-and-error methods are used to predict the environmental performance.

The planners must be capable of making conscious decisions about their projects, formulating many scenarios of development with the collaboration between the interested agents. And it is in this context that BIM (Building Information Modeling) arises as an alternative, since it allows multidisciplinary information to be superimposed in only one model, creating an opportunity of sustainable measures incorporation throughout the design process.

2.2 BIM

According to Eastman et al (2011), BIM is a set of computerized procedures to create a single model of a building that involve three fundamental aspects: parametric modeling,

interoperability and possibility of the project's management and assessment during its life cycle. It is not software, but a technology of modeling, a computerized design process that allows shared and collaborative creation of a parametric and object oriented model of the building.

BIM is considered a production, use and update process of an information model of the building during all the stages of its life cycle, being useful for many purposes. It covers and integrates all the subjects involved in the construction context, giving the model geometrical data and different aspects' properties. Its three-dimensional, parametric and storage character facilitates the running of simulations and analysis, in addition to collaborate with the visualization, development and generation of the project documentation. (MACHADO et al, 2015, p. 528, author's translation)

Kivits & Furneaux (2013) said that, in BIM, the information is created only once and can be reutilized several times, resulting in the elimination of rework, fewer errors and more consistency. With it, a virtual model of the building is created from objects filled with geometric and textual information that simulates the behavior of real construction elements (OLIVEIRA et al, 2015). Machado et al (2015) say that BIM allows a systemic and integrated vision of construction, being possible to reduce costs, anticipate solutions and conduct variable testing in early stages of design.

To Oliveira et al (2015), BIM allows the approach of the whole life cycle of buildings, enabling preliminary analysis of the building in each stage of the cycle. In this way, it can approximate the studies of environmental impacts with the activity of construction itself, promoting a bigger integration between them.

For all this, BIM has a considerable potential to enhance the efficiency, sustainability and effectiveness of the entire construction process: design, construction, maintenance and demolition. It can be a horizon to be explored in the search for tools that help the decision making process aiming for the mitigation of the environmental impacts of buildings, since it can create alternatives quickly, assess multiple metrics and visualize plans before the real construction.

3. BIM AND SUSTAINABILITY

As said before, a significant part of the impacts of the life cycle of a building is determined by the decisions made at the beginning of the project, being these early choices the most effective to sustainability. However the conventional methods that use CAD do not support such early choices, with performance analysis being carried only after the conclusion of the design and existing a need for retroactive changes. Azhar et al (2009) affirm that, to perform analysis in early stages of design realistically, there should be access to information such as: building shape, materials, context and technical systems. In this context, BIM can help, because it enables multidisciplinary information in a single model full of parametric data and digital representations of the building. From this model, data can be properly exported and analyzed by many users with specific needs, generating information that can be used in the decision making process.

According to Jrade & Jalaei (2013), the combination of sustainable design strategies and BIM technology has a potential to change traditional design practices and to produce high performance buildings. Marinho (2014) said that the use of BIM aiming sustainability allows: optimization of energy, water, soil and material use in integrated and precise

analysis; the study of design alternatives earlier in the process; and the tracking, monitoring and improvement of the performance using intelligent 3D models. Still, Dowsett & Harty (2013), Azhar et al (2009) and Marinho (2014) say that BIM makes the information necessary for sustainable design available routinely, as a byproduct of the existing process. This is because, with BIM, most of the data needed to help the sustainable design is acquired naturally as the project is developed, because the information is generated automatically during the model's creation (KIVITS & FURNEAUX, 2013).

For Carvalho & Scheer (2015), the parameterization of a BIM model allows, during the design stage, the simulation of the sustainability indicators that help in the decision making process and enables discussions of design adjustments and improvements. Another advantage is the anticipation of problems, inefficiencies and errors (which are usually discovered only during the construction stage), leading to cost reduction and saving of resources (LIU et al, 2015; CARVALHO & SCHEER, 2015).

Prizibela said that

one of the main advantages of the use of BIM is the possibility of predicting determined situations before the beginning of the construction, this allows a better visualization of the conflicts, a faster search for the intended solution and the reduction of rework. These factors, by themselves, already contribute so a building consumes less environmental, human and financial resources, besides, the BIM system may help to achieve a more sustainable certification, as it enables entering the energy performance of the building as one of the dimensions that interact in the design process. (2011, p. 83, author's translation)

Regarding the integration between BIM and LCA tools, it can enable more control and understanding of alternatives and results that aim sustainability (MACHADO et al, 2015), because, according to Barros et al (2015), the BIM goals and uses are determined at the beginning of the design stage and passed to the whole team involved, considering the LCA from the start. Then, the model is transferred to the LCA analyst, who extracts all the necessary data for the analysis (amount of materials, average materials transport distances, used energy, etc.). The automatic process resulting from this integration allows efficiencies in the LCA procedures and feasibility of changes before the construction.

According to Kriegel & Nies (2008), BIM can help in the following aspects of the sustainable design: (i) building orientation, selecting the best orientation, which results in minimum energy costs; (ii) building mass, analyzing building shape and optimizing its envelope; (iii) daylight analysis; (iv) water consumption, to reduce the need of water in the building; (v) energy modeling, to reduce the energy need and analyze renewable energy sources, such as solar panels; (vi) sustainable materials, to reduce the need of materials and use some recyclable ones.

3.1 Case studies

After the review of the possible relation between BIM and sustainability, in technical literature, this article makes a compilation of studies conducted by several authors aiming this integration.

González & Figueira (2016) made a research with the software CYPE, consisted of various interconnected modules. After the elaboration and introduction of the model, it allows the realization of simulations, obtaining thermal and acoustic data, besides from the LCA. Any modifications in the model reverberate automatically in the conducted analysis. According

to the authors, the junction of the three analysis in only one tool allowed more integration and simplicity in the simulations.

In a Sidney Opera House case study, Kivits & Furneaux (2013) verified that the use of BIM promoted a more precise representation of the building in a data integrated environment. They also noticed that the processes are faster and more effective (because of the easier sharing and reuse of information) and that the whole life cycle has its costs and environmental data controlled.

Pires et al (2013) used, in an integrated way, BIM packages (Revit) and simulation software (Energy Plus) aiming to investigate the feasibility of reducing the energy consumption in a selected building. They verified that, although Revit has a model exportation tool, this integration is still not realized properly. The Energy Plus use was difficult because it required that the model volume was simplified so they could run the simulation.

In his research, Aksamija (2012) found that the main programs used in simulations for performance analysis are: Ecotect, eQuest, Energy Plus-Sketch Up, Energy Plus, IES VE, Energy 10, Design Builder, DOE-2, HEED and Green Building Studio. However, the author verified that the compatibility with BIM-based design software is limited, mainly, to Green Building Studio, Ecotect and IES VE. To export the data and models between design and analysis applications, he says that two schemes can be used, a direct one (gbXML) and an indirect one (DXF). He conducted a case study to verify his assumptions and concluded that interoperability between BIM-based design and simulation tools can improve the workflow between the design phase and the performance analysis.

Barros et al (2015) made a comparison between the work flow in a conventional LCA analysis and one with the use of BIM, aiming to verify the impact of BIM adoption in the assessment of embodied energy levels in buildings life cycles. They concluded that there are positive impacts in the second case, in the design and the data collection stages, affirming that BIM was considered a reliable tool measuring the performance and environmental impacts of a building.

Machado et al (2015) also evaluated the potential of BIM and LCA integration. They identified advantages, such as: (i) in the life cycle inventory, BIM can help in the automatic quantification of inputs and in the parameter insertion for correlation of each building component and its CO₂ emissions and consumption factor; (ii) in the life cycle impact assessment, it can export data automatically to produce documents, besides the integrated visualization of measured impacts. In addition to observe that the tools combination is valuable in the organization of impact scenarios through simulation and virtual models analysis, they concluded that the interoperability between tools must be improved.

Graf et al (2012) made a Revit model, inserting embodied energy and CO₂ emission values (previously calculated), creating shared parameters. Comparing the obtained results with conventional calculation, they realized that the BIM software results were coherent, considering it a useful resource in obtaining environmental impacts results and supporting design decisions aiming sustainability.

Azhar et al (2009) made a case study about the Psychology Building of the Emory University, which received Silver LEED certification. Three programs were tested (Ecotect,

Green Building Studio and IES Virtual Environment), being BIM used since the early stages of the design to determine the best solar orientation, skin types, daylight analysis and energy analysis. Virtual Environment (IES VE) received maximum score in the authors' evaluation, being considered the best software for its versatility and potent BIM-based sustainability analysis. The study indicated that BIM can help in the processes of the complex task of the sustainable design, as well as automate the materials quantification process, cost estimates and construction schedules, coordinating information in a single integrated model.

In their research, Jrade & Jalaei (2013) collected data from the materials used in their model in literature and suppliers' pages, organizing and applying them in a component library of a BIM tool. They made it possible to search and select, in the database, many sustainable components with their associated specifications, potential points in LEED and manufacturer's data. The main product of the model is a 3D BIM project containing lists of the sustainable materials chosen with their associated environmental impacts, cumulative points and associated costs. This was linked to ATHENA Impact Estimator, generating quick results through tables and graphics. The development of the described model aimed to present a database with "green materials" used to create families of components, linking them to the BIM tool to enable the elaboration of models of sustainable buildings in 3D.

Azhar et al (2011) made a research to demonstrate ways the designers can use BIM to perform analysis aiming to obtain LEED certification. Their study developed a conceptual platform of the relation between BIM and the LEED process, validating it through a case study. The authors found that the documentation to 17 LEED credits and 2 prerequisites can be direct or indirectly prepared exploring BIM software. They said that, due to the limited availability of the building's data, only 5 credits and 1 prerequisite could be validated in the case study. They also concluded that there is no direct (one-to-one) relation between LEED and BIM analysis, but that these programs can generate results very quickly if compared to traditional methods.

Bynum & Olbina (2013) investigated the perceptions of the use of BIM for the sustainable design and construction between designers and constructors. They observed that many respondents knew the possibilities of BIM in relation to sustainability, some making certain performance analysis, and that 91% of them believed that BIM is best used supporting sustainability in the early stages of design. Despite that, they also concluded that many of the interviewed still believed that sustainability isn't the first application of BIM and that the coordination between project, visualization and integration of the supply chain are the most important uses.

4. CONCLUSIONS

Analyzing the relationship between sustainability and BIM found in technical literature and in the case studies conducted by other researchers, it is clear that BIM can be a useful tool, allowing error reduction, automatic data generation, faster results, anticipated decision making and life cycle monitoring.

For this to happen, the designers must have their goals well established and aligned from the beginning. Also all the team members must work collaboratively in an integrated way. They need to define which analysis they want to develop and what is necessary for this, filtering and selecting the relevant information, because different types of analysis can be developed in different stages of the design, due to the Level of Detail (LOD) of the model. In the early phases, the analysis should focus on the bigger aspects of the design, as orientation, mass, climate, etc. During more advanced stages of the design, the analysis should explore more complex aspects, such as thermal and energy analysis.

For the different stages mentioned, different tools are needed. The team members also need to choose which software is going to be used. If it is only one, they must choose the one that has all the tools needed to model the building and conduct the analysis wanted. If it is two or more, they have to verify, apart from the possibility of realizing what is needed, which programs have more compatibility with each other, since interoperability can be a problem.

Below, there is table 1, with a summary of the concepts and obtained results.

Table 1. Results summary. Source: the authors.

Topic	Description	Considerations	
DESIGN AND MODELING PROCESS	3D model, parametric, unique, collaboratively developed	Precise representation	Errors reduction
		Changes reverberate automatically	
		Simulation of orientation, mass, daylight, water and energy consumption, materials	Early choices, alternatives
		Data available automatically, faster and easier process	
		Parameter insertion (CO2, energy)	
LIFE CYCLE	Monitoring	Cost control	
		Data control	
LCA AND PERFORMANCE	Goals determined from the beginning	More integration, efficiency and control	
	Quantification and data exportation		
	Automated process		
INTEGRATION	One tool	Simplified analysis	No compatibility issues
		Can be insufficient	Analysis can need non-available resources
	Two or more tools	More complete analysis	Combination of resources
		Inadequate integration	Exportation issues Complex models
CERTIFICATION	Aid in the quest for LEED certification	Faster results	
		Documents obtained directly or indirectly	

In summary, this study conceptualized and explored the key-elements about the theme, presenting the collaboration that can occur between the search for sustainability and BIM-based processes. It was found that BIM can be useful in quest for sustainability because it allows multidisciplinary information in a single model full of data and digital representations. From it, data can be properly exported and analyzed by various users with specific needs, generating information that can be used in the decision making process aiming the improvement of the building's performance and sustainability.

Despite the positive aspects and the potential relationship between BIM and sustainability, the case studies showed that there are still limitations and uncertainties due to issues of inadequate geometrical representation, interoperability limitations, model's level of detail (LOD), etc. There is still need for methodological and operational improvement of procedures, making it necessary to develop more robust and sophisticated platforms. For this reason, and because it is still in an initial phase of application within the theme, BIM technologies have limited impact on the process of sustainable buildings production.

REFERENCES

- Aksamija, A. 2012. BIM-based building performance analysis: evaluation and simulation of design decisions. *ACEEE Summer Study on energy efficiency in Buildings 2012*: 12.1-12.12.
- Azhar, S.; Brown, J.; Farooqui, R. 2009. BIM-based sustainability analysis: an evaluation of building performance analysis software. In *ASC Annual International Conference*. Florida.
- Azhar, S.; Carlton, W.A.; Olsen, D.; Ahmad, I. 2011. Building information Modeling for sustainable design and LEED rating analysis. *Automation in Construction* 20: 217-224.
- Barros, N.N.; Ruschel, R.C.; Silva, V.G. 2015. Impacto da adoção de BIM na avaliação de energia incorporada do ciclo de vida de edificações. In *IV Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído, 4., Viçosa*. Porto Alegre: ANTAC.
- Bynum, P.; Olbina, S.O. 2013. Building Information Modeling in support of sustainable design and construction. *Journal of Construction Engineering and Management*: 24-34.
- Carvalho, H.J.S.; Scheer, S. A utilização de modelos BIM na gestão de resíduos de construção e demolição. 2015. In *Encontro Brasileiro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção, 7., Recife*. Porto Alegre: ANTAC.
- CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Data base. *PIB e Investimento*: PIB Brasil e Construção Civil. Available in: <http://www.cbicdados.com.br/menu/pib-e-investimento/pib-brasil-e-construcao-civil>. Access in: November 2015.
- Crawford, R.H. 2008. Validation of a hybrid life-cycle inventory analysis method. *Journal of Environmental Management* 88: 496-506.
- Dowsett, R.M.; Harty, C.F. 2013. Evaluating the benefits of BIM for sustainable design: a review. In *Annual ARCOM Conference, 29., September 2013*. United Kingdom.
- Eastman, C.; Teicholz, P.; Sacks, R.; Liston, K. 2011. *BIM Handbook: a guide to building information Modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- González, B.; Figueira, R. *Software BIM para análise de ciclo de vida, compatível com o estudo térmico e acústico do edifício*. Available in: <http://docplayer.com.br/11105148-Software-bim-para-analise-de-ciclo-de-vida-compativel-com-o-estudo-termico-e-acustico-do-edificio.html>. Access in: 05 January 2016.
- Graf, H.F.; Marcos, M.H.C.; Tavares, S.F.; Scheer, S. 2012. Estudo de viabilidade do uso de BIM para mensurar impactos ambientais de edificações por energia incorporada e CO2 incorporado. In *Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*. Juiz de Fora.
- Jrade, A.; Jalaei, F. 2013. Integrating building information modelling with sustainability to design building projects at the conceptual stage. *Building Simulation* 6 (4): 429-444.
- Kivits, R.A.; Furneaux, C. 2013. BIM: enabling sustainability and asset management through knowledge management. *The Scientific World Journal* 2013: 1-14.
- Kriegel, E.; Nies, B. 2008. *Green BIM*. Indianapolis: John Wiley & Sons Inc.

- Lachimpadi, S.K.; Pereira, J.J.; Taha, M.R.; Mokhtar, M. 2012. Construction waste minimisation comparing conventional and precast construction (Mixed System and IBS) methods in high-rise buildings: A Malaysia case study. *Resources, Conservation and Recycling* 68: 96-103.
- Liu, S.; Meng, X.; Tam, C. 2015. Building information Modeling based Building design optimization for sustainability. *Energy and Buildings* 105: 139-153.
- Machado, F.A.; Simões, C.C.; Moreira, L.C.S. 2015. Potencialidades da integração do BIM ao método de Avaliação do Ciclo de Vida das edificações. *SIBRAGEC ELAGEC 2015*. São Carlos.
- Marcos, M.H.C. 2009. Análise da emissão de CO2 em edificações através do uso de uma ferramenta CAD-BIM. In *SIGraDi 2009 – 13th Congress of the Iberoamerican Society of Digital Graphics, 13., 2009, São Paulo*. São Paulo.
- Marinho, A.J.C. 2014. *Aplicação do Building Information Modeling na gestão de projetos de construção*. 63p. Dissertation (Masters in Sustainable Construction and Rehabilitation), University of Minho.
- Oliveira, E.; Scheer, S.; Tavares, S.F. 2015. Avaliação de impactos ambientais pré-operacionais em projetos de edificações e a Modelagem da Informação da Construção. In *TIC, 7., 2015, Recife*. Porto Alegre: ANTAC.
- Paula, N.; Uechi, M.E.; Melhado, S.B. 2013. Novas demandas para as empresas de projeto de edifícios. *Ambiente Construído* 13 (3): 137-159.
- Pires, J.R.; González, M.A.S.; Roos, L.S.; Brenner, B.L.; Kern, A.P. 2012. Investigação da viabilidade da redução do consumo de energia elétrica em edificações residenciais verticais através de soluções de conforto ambiental passivo – Bento Gonçalves/RS. In *XIV ENTAC, 14., 2012, Juiz de Fora*. Juiz de Fora.
- Prizibela, S.C.C. 2011. *Aplicação de princípios de sustentabilidade em empreendimentos de grande porte: posicionamento dos arquitetos*. 208p. Dissertation (Masters in Architecture), Federal University of Santa Catarina.
- Wong, J.K.W.; Zhou, J. 2015. Enhancing environmental sustainability over building life cycles through green BIM: a review. *Automation in Construction* 57: 156-165.



Analysis and simulation of energy efficiency on platform BIM: A systematic literature mapping

Fernando Márcio de Oliveira

Federal University of Sergipe, Civil Engineering Department, São Cristovão (SE), Brazil
fernandomarcio@ufs.br

Leonardo Salazar Bittencourt

Federal University of Alagoas, Architecture and Urbanism Faculty, Maceió (AL), Brazil
lsb54@hotmail.com

ABSTRACT: This paper presents a process of systematic literature review as part of a PhD research focusing on the integration of energy efficiency simulation in the design process using building information modeling (BIM) platform. The main objective is to assess international researches carried out in the last ten years published at major conferences, proceedings and journals approaching the integration of the BIM platform and energy efficiency of buildings. It aims to identify trends and gaps in this area of research. A systematic literature mapping using a Systematic Mapping Study (SMS) tool characterized by the evidence-based paradigm has been carried out. It led to the identification of the main publications and research institutions focusing on the subject during the last ten years. The survey was conducted in the Web of Science, Scopus and Science Direct databases, which resulted in 131 papers adhering to the theme. The survey allowed the identification of the main research focus, as well as knowledge gaps and trends. Results have shown a comprehensive mapping, which defines the current situation of research in the field. They presented an overview of the scientific production, as well as pointed at needed research regarding the integration of BIM and energy issues in buildings.

Keywords Systematic mapping study, building information modeling, energy efficiency.

1. INTRODUCTION

Obtaining adequate levels of energy efficiency in buildings depends largely on the architectural design that, guided by bioclimatic principles, can reduce or dispense the use of artificial lighting and air conditioning. Although the environmental comfort approach should be inherent to every design process, the architectural production seen in most cities shows that many issues related to the energy performance of these buildings have not been addressed, suggesting that many architects have been neglecting these issues (Freire and Amorim, 2011).

In the early stages of the design process, the architect faces a series of conditions that influence the definition of the architectural party and affect the energy performance of the building. In this step, being more than one imaging tool, the BIM technology provides the architect with the possibility to devise a parameterized model. This allows the visualization of building volume, sun incidence, application of materials and finishes and the performance of architectural elements, all expeditiously. This condition favors the design of more efficient buildings in various fields of interest: thermal, energy, urban planning, functional, constructive, etc.

Advances in computational modeling tools in architecture have revolutionized the design process and can contribute to improving the quality of buildings, particularly their energy performance. The modelling of the product, whose main feature is the combination of geometric (such as shape, position and dimensions) with non-geometric information (which include thermal properties of building components), among other approaches, forming what is called the Information Modelling in Construction (Freire and Amorim, 2011).

BIM has established itself as an emerging field of research and application (Succar, 2013). In Brazil, in recent years, research in this area has had a breakthrough that translated into publications, in part due to the support of CNPq and FINEP that, through public notices, encouraged the creation of research networks focused on the "development of innovative solutions in information technology and communication applied to the construction aimed at improving the quality and productivity segment of social housing, especially: Building Information Modeling (BIM) and other solutions to support the project management process; performance simulation; and building operation", directly influencing the production of papers and research development in the country (Kassen and Amorim, 2015).

Despite the subject relevance, it is believed that it has not been properly explored in the energy efficiency field, justifying the realization of a Systematic Mapping Study (SMS) focused on this aspect. This work aims to identify the topics, to characterize the existing publications and presents a research mapping linking the themes mentioned above, and pointing the most investigated topics and those little studied.

2. OBJECTIVE

The main objective of this paper is to map the researches published in the main journals and conference proceedings in the last ten years addressing BIM issues and energy

efficiency in order to identify the main approaches and possible gaps in studies that relate these two themes.

3. METHOD

This research was carried out with the systematic literature mapping, literature search process that uses evidence-based paradigm in a systematic and targeted way, analyzing the information from this search in existing publications. This stage of SMS precedes the Systematic Literature Review - SLR and is important in the early stages of research (Fernandez et al 2009; Granja, 2013; Brereton et al, 2007; Guedes and Bertoli, 2015.). The contribution of this process is the ability to identify gaps in knowledge allowing refining and polishing of the research question investigated (Bailey et al., 2007).

An SMS can set a previous step to a SLR, because it makes the survey and selection of texts for review to better answer the research question proposed. This is precisely the difference between these steps: the need for conducting a preliminary mapping for further refinement of the mapped literature. The steps taken in this study are illustrated in Figure 1 (Fernandez et al. 2009). The SMS stages are better detailed in the following topics, showing how research concepts will be applied in each of the mapping step

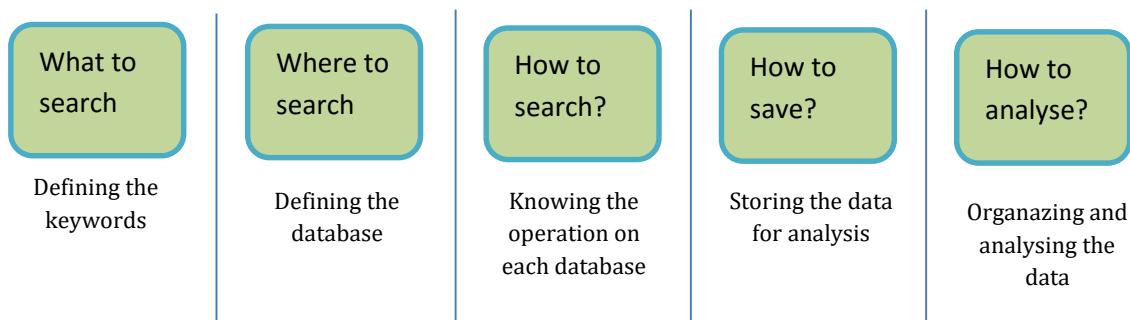


Figure 1: Schematic image of an SMS with the five steps. Source (Fernandez et al. 2009)

3.1 Step 1: What to search

On the first stage, it is important that the subject of the research is already well settled as a consolidated matter, and that the keywords are properly defined. It is where a proper analysis of the used terms is necessary because the result of the search carried out will depend on what fits best the searched theme. In this research, the following terms are used:

1. *Building information modeling (BIM);*
2. *Energy efficiency;*
3. *Design process.*

On the second step, one noted that the term design process was restricting the search. Then, it was decided to work only with the first two main terms: Building Information Modelling and Energy efficiency.

A ten years period was set for the search, corresponding to the years 2006-2015, since the subject is relatively new. On preliminary searches one could prove that the results for previous periods showed a small number of papers.

Only journals and international events proceedings were selected, understanding that these publications show a more scientific profile of literature that addresses these issues.

3.2 Step 2: Where to search

The most relevant databases on research topics were selected, namely: Web of Science (WOS), Scopus (SCO) and Science Direct (SDI).

3.3 Step 3: How to search

At this stage, it is important to know the search engines that each database offers to have confidence that the output data will be consistent with what you are looking for. It is also necessary to define the criteria adopted for inclusion / exclusion, search string, researched period, and which search objects (books, conferences or journals), among other specific aspects.

The adopted sequence was ("bim" OR "building information modeling") AND "energ*" NOT ("medic*" OR "healt*" OR "water*"), in which AND is an operator that brings results that contain, necessarily, the words connected to the same time. OR is an operator that brings results that contain a word or another, and NOT delete the search results that contain these words. The "*" was used to allow to find variations of words such as energy, energetic, as well as to delete from the search terms used by other areas but appear frequently on the preliminary research, such as medicine, medical, health, healthy, among others.

3.4 Step 4: How to save?

The results of the conducted researches need to be "exported" for debugging and analysis of data. However, each database can use a different method to perform this operation, which makes the researcher study in detail these methods for each database, and mount the most convenient and secure exporting strategies.

For the Scopus and Science Direct bases, one chose to export the search results on the Bibtex format, which were interpreted and sent to the worksheet by the JabRef software, which is an open source reference manager that uses BibTeX as its native file format. This software exports data to spreadsheet in Bibtex.xml format that can be imported by Microsoft Excel.

Because each database has resources mechanisms of their own, it was impossible for Web of Science to export the results on this format. For this reason, it was necessary to do it manually. In this case, it was exported in text format (with tab), which will be imported into the spreadsheet, set up to recognize the used tabulators (comma), and then handled, organized and analyzed.

3.5 Step 5: How to analyze

The mapping stage of the process requires more time for the collected data analysis. The data is organized in spreadsheets with the same format, making it possible to import these data into a single worksheet. Initially, one creates a file for each database, to facilitate the import, then attached in the same spreadsheet, separated by different tabs.

Table 1: Fields used for organizing and handling the papers.

Field	Description
Observation*	Notes during the handling process;
Code*	The code of each paper, with reference to the database and a numeric sequence;
Adherence*	Adhering "Y", Non Adhering "N" or Maybe "M";
Title	The title of the paper;
Classification*	Classification according to the main focus of the paper;
Summary	Paper Summary;
ID	Paper identification;
Author	Paper authors;
Journal / Congress	Paper publication vehicle;
Year	Publication date;
Volume	Paper volume;
Page	Paper pages;
URL	Paper website;
DOI	Digital Object Identifier;
Keywords	Paper keywords;
Cited by	Number of paper citations in other published papers

* Items inserted by the researchers to assist the manipulation of data during the process of organizing and extracting information.

In each worksheet the information are detailed in the same format, where four more columns for further information required at the time of analysis were added. They are "Note", "Code", "Compliance" and "Rating".

In the "code" field, a codification was created aiming to identify the item with a unique code, and is composed of a short database (WOS - Web of Science, SCO - Scopus, SDI - Science Direct) and a number of Papers on the worksheet.

In the "Adherence" field "Y", "N" and "M" will be informed, each corresponding respectively to "YES", it is directly connected to the researched theme, "No" if it is not connected, and "Maybe", meaning that it will be examined at a later stage.

The next step is to gather all the worksheets, and after a classification in alphabetical order by title, it is possible to check for item duplication.

Moving forward, a more detailed analysis of each item is made, verifying adherence to the theme, and their classification, which will generate another spreadsheet only with papers adherent to the research. At this point of the SMS, it already has a lot of information to be extracted from the process, and summaries should be read and analyzed to complement the classification and new groups can be created as: more and less researched matter; authors; research centers; countries and continents with the most publications; year and a way of publication; and gaps for new researches.

The "rating" field is used to categorize papers. This is a complex task, where the analysis of the researcher must be very careful to meet the research objectives. The defined criteria and their ratings are shown in Table 2.

Table 2: Fields used for organizing and handling the papers.

Rating	Criteria
Education	Education and teaching about the subject
Analytical study	Discussion of some theory or comparative study;
Case study	Analysis that seeks to assess a matter or a product;
Tool	Investigation on the use of some computational tool;
Interoperability	Communication and transferring information between the different programs;
Method	Analysing methods used to resolve specific issues;
Modelling / Model	Modelling analysis, templates, and its parameters and information;
Operational	About the operation of a product;
Others	Related themes without much relevance to this study;
Project process	Reflections on the design process adopted;
Literature review	Literature review on the subject

4. RESULTS AND DISCUSSIONS

After organizing the spreadsheet of all papers for each database, the process of analysing begins. The results illustrate the scenario of existing publications that relate the concepts of BIM and energy efficiency as shown in item 3.1.

Figure 2 shows the number of papers found in the initial search using the keywords set to meet the purpose of this research on a 10 years period. 1,402 papers were found, most of these in the Science Direct database, with 71% of the total, Scopus and Web of Science 15% and 14% respectively.

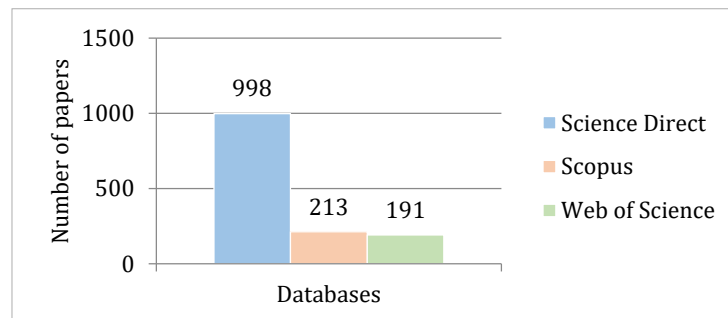


Figure 2: Results of the initial search separate by database

Figure 3 shows the evolution of the analyses, where 1,402 texts (result of all the added databases) were identified. After closer examination, this number was reduced to 131 texts, considered adherent to the subject, based on the analysis of the titles and abstracts; a decrease of 90.66%.

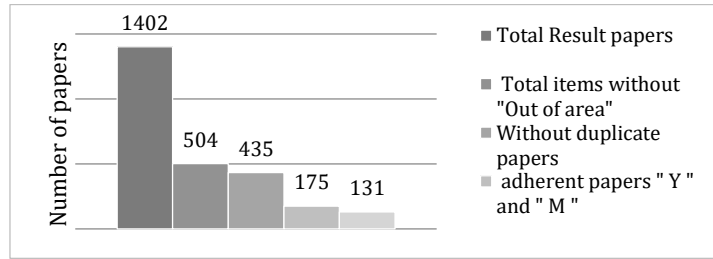


Figure 3: Evolution of the search refinement during the SMS.

Figure 4 shows a clear increase in the number of papers published in more recent years, stressing that in 2015 there was a substantial increase (over 60% from the previous year). From 2010 to 2015, this evolution went from 7 to 36 papers, an increase of 500%. In the last five years 108 papers were published.

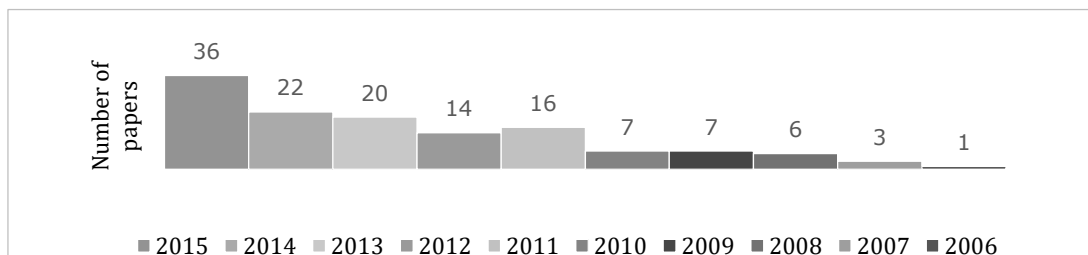


Figure 4: Distribution of adherent papers according to the publication year.

Figures 5 and 6 show a wide dispersion between the events and journals publications as well as the authors of the study as shown in Table 03.

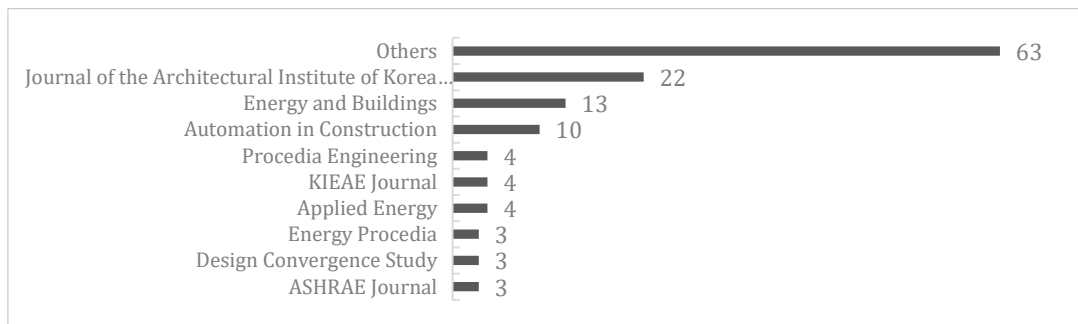


Figure 5: Main journals and international events on the subject.

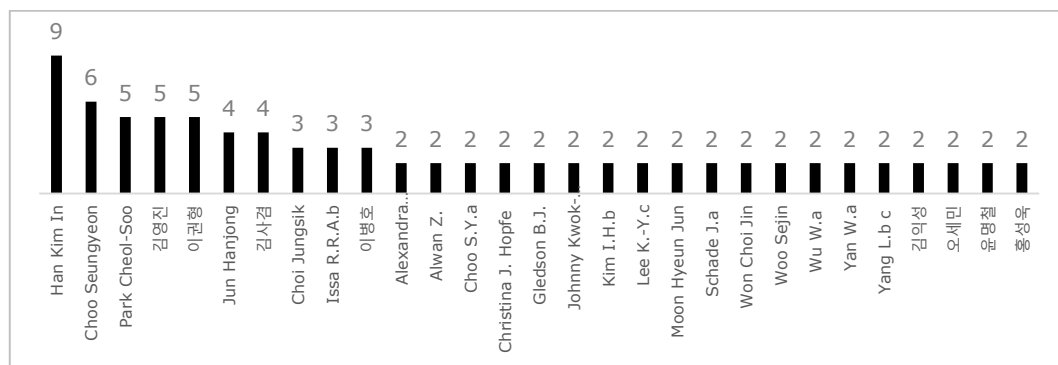


Figure 6: Main authors of publication on the subject.

Table three shows the dispersion among the authors who have published results of their scientific researches and, most of these (91% of total), published only one scientific paper. With up to two published papers, the number of researchers working on the subject number goes to 5.6%. On the other hand, only 11 of the theme researchers have more than 02 publications, a percentage of slightly more than 3%.

Table 3: Scientific Production by researcher.

Scientific Production	Number of researchers	Per cent
09 papers	1	0,30%
06 papers	3	0,89%
05 papers	2	0,59%
04 papers	2	0,65%
03 papers	3	0,89%
02 papers	19	5,62%
01 paper	308	91,12%

Figure 7 shows the classification of items according to the main focus of research among those listed in Table 2. More than half (55%) of researches are concentrated in three specific areas that are: Analytical Study, Tool and Method. The areas of Education and Building Management have few publications, suggesting the need for research in these areas.

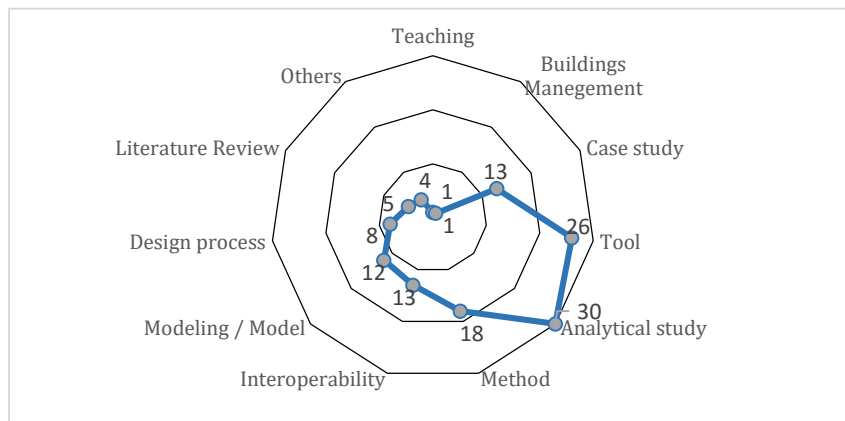


Figure 7: Main focus of published papers.

Figure 8 shows the growing number of publications for the previously classified subjects, emphasising tools, which presented a stronger growth between 2013 and 2015.

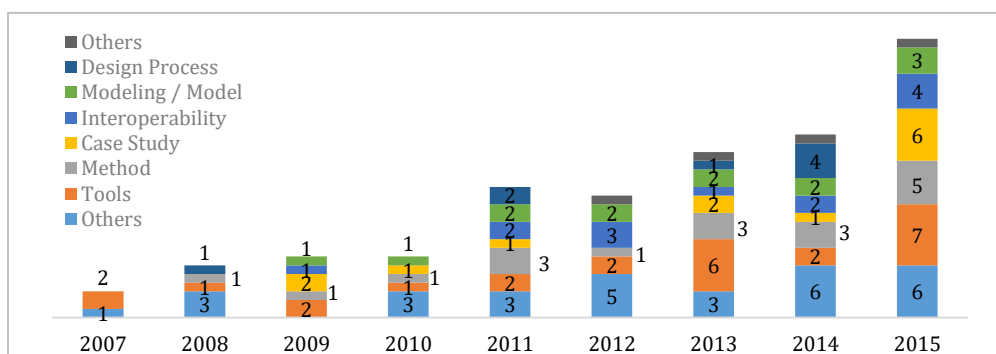


Figure 8: Distribution of the papers' main focus by year.

Table 4 highlights the most cited papers by other researches while table 5 shows the most used references by papers on the previous table.

Table 4: Most cited papers

AUTHOR	TITLE	YEAR	CITED BY
Schlueter, A.; Thesseling, F.	Building information model based energy/exergy performance assessment in early design stages	2009	143
Azhar, Salman; Carlton, Wade A.; Olsen, Darren; Ahmad, Irtishad	Building information modeling for sustainable design and LEED (R) rating analysis	2011	73
Costa, A.; Keane, M.M.; Torrens, J.I.; Corry, E.	Building operation and energy performance: Monitoring, analysis and optimisation toolkit	2013	35
Welle, B.; Haymaker, J.; Rogers, Z.	ThermalOpt: A methodology for automated BIM-based multidisciplinary thermal simulation for use in optimization environments	2011	26
Wang, Y.a; Wang, X.a; Wang, J.b; Yung, P.a; Jun, G.c	Engagement of facilities management in design stage through BIM: Framework and a case study	2013	22
van Treeck, C.; Rank, E.	Dimensional reduction of 3D building models using graph theory and its application in building energy simulation	2007	17
Stadel, A.; Eboli, J.; Ryberg, A.; Mitchell, J.; Spatari, S.	Intelligent sustainable design: Integration of carbon accounting and building information modeling	2011	16
Nguyen, T.H.a; Shehab, T.a; Gao, Z.b	Evaluating sustainability of architectural designs using building information modeling	2010	15
Sanguinetti, P.; Abdelmohsen, S.; Lee, J.; Lee, J.; Sheward, H.; Eastman, C.	General system architecture for BIM: An integrated approach for design and analysis	2012	14
Schade, J.; Olofsson, T.; Schreyer, M.	Decision-making in a model-based design process	2011	11
Díaz-Vilariño, L.; Lagüela, S.; Armest, J.; Arias, P.	Semantic as-built 3d models including shades for the evaluation of solar influence on buildings	2013	10

Table 5: Most cited references in table 4 papers

Author	Year	Title	Citations
Eastman C.M., Tieholz P. , Sacks R., Liston K.	2008	BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors	03
B. Dong, K.P. Lam, Y.C. Huang, G.M. Dobbs	2007	A comparative study of the IFC and gbXML informational infrastructures for data exchange in computational design support environments	02
Bazjanec V.	2004	Building energy performance simulation as part of interoperable software environments	02
Eastman C.M.	1999	Building Product Models: Computer Environments Supporting Design and Construction	02
Gallaher M.P., O'Conner A.C., Dettbarn J.L. Jr., Gilday L.T.	2004	Cost analysis of inadequate interoperability in the U.S. capital facilities industry	02
DOE	2011	EnergyPlus Energy Simulation Software	02
U.S. Green Building Council	2009	Green Building Facts	02
Bazjanac V.	2008	IFC BIM-based methodology for semi-automated building energy performance simulation	02
	2007	International Alliance for Interoperability (IAI)	02
Young N.W. Jr., Jones S.A., Bernstein H.M.	2007	Interoperability in the construction industry	02

With the results obtained through SMS, the grouping of texts by knowledge in particular (see figure 8), it is possible to know what has been produced on the subject and the most important authors.

5. CONCLUSIONS

This paper conducted a systematic literature review (Systematic Mapping Study SMS), aiming to identify the bibliographic production of papers in scientific journals and proceedings of international scientific events, published between 2006 and 2015.

The results show a trend of exponential growth of the works that address the need to integrate to the design process of architects who use BIM platform as a design tool, with online information on the energy performance of the building that is being designed.

The discussions presented in this paper are part of a PhD research in its initial stage. One sought, from the analyses made, to identify topics needing further research, from the results of a systematic review of the literature addressing the integration of the energy performance of buildings to the architectural design process.

Results also suggest the growth on the number of researches with the "Analytical studies" approach in the "Tools" and "methods" aiming at an integrated analysis of energy efficiency simulations in BIM in the development of architectural design.

REFERENCES

- Bailey, J.; Budgen, D.; Turner, M; Kitchenham, B; Brereton, P.; Linkmon, S. 2007. Evidence relating to Object-Oriented software design: A survey. *First International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement*. Computer Society.
- Brereton, O.P.; Kitchenham, B.; Budgen, D.; Turner, M.; Khalil, M. 2007. Lessons from applying the systematic literature review process within the software engineering domain. *The Journal of Systems and Software* 80 (2007) 571–583.
- Freire, M. R. e Amorim, A. L. 2011. The BIM approach as a contribution to energy efficiency in the built environment. In *TIC 2011 – International Conference on Information Technology and Communication in Construction*, 2011, Salvador. Anais eletrônicos, FAUFBA.
- Fernandez, N.C.; Daneva, M.; Sikkil, L.; Wieringa, R.; Dieste, O.; Pastor, O. 2009. A Systematic Study Mapping on Empirical Evaluation of Software Requirements Specifications Techniques. *Third International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement*.
- JabRef. Disponível em: <<http://www.jabref.org/>>. Acesso em: 1 jan. 2016.
- Guedes, I. C. M. e Bertoli, S. R. 2015. Traffic noise vehicle in urban areas: Systematic Literature Mapping. In *XIII National Meeting and IX Latin American Meeting of Comfort in the Built Environment*. Campinas. Annals... Campinas: ENCAC/ELACAC.
- Kassem, M. e Amorim, S. R.L. 2015. *Sector Dialogues for BIM - Building information Modeling in Brazil and the European Union*. Cooperation project MDIC / EU-European Union / Ministry of Industry Development, and Foreign Trade, Ministry of Planning, Budget and Management. Brasília.
- Ruiz, J. A e Granja, A. D. 2013. A systematic mapping of the literature on the relationship between the value and collaboration in construction. In: *8 Brazilian Symposium on Management and Economics of Construction Innovation and Sustainability*. Salvador. Anais... Salvador: SIBRAGEC.
- ScienceDirect.com. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/>>. Acesso em: 26 jan. 2016.
- Scopus. Disponível em: <<https://www.scopus.com/>>. Acesso em: 26 jan. 2016.
- Succar, B. 2013. Building Information Modelling: conceptual constructs and performance improvement tools. *Doctoral thesis, Faculty of Engineering and Built Environment, University of Newcastle*, Callaghan, Austrália.
- Web of Science. Disponível em: <www.webofscience.com>. Access on: 26 Jan. 2016.



Sustainable retrofit based on BIM

Laura do Carmo Baumgratz de Paula Larivoir

Federal University of Rio de Janeiro, Department of Urban Engineering, Rio de Janeiro (RJ), Brazil
lauracbpaula@poli.ufrj.br

ABSTRACT: The construction industry is responsible for a significant amount of environmental impacts, which mostly are due from the phases of use and maintenance. Rehabilitation of buildings in Brazil is an opportunity of solution for the large number of buildings that have obsolete structures and/or outdated equipment. In this context, BIM allows you to analyze various dimensions of the building, while considering different sustainability parameters. This work aims to contribute to the integration of sustainable retrofit theme in Brazilian society, so that there is greater awareness of the importance of the issue, and enable a more eco-efficient analysis with the use of BIM systems. A literature review was made and the main concepts of sustainability in construction, sustainable retrofit and green BIM were related. Two study cases were analyzed using the Revit tool and the advantages and difficulties encountered in the use of BIM were listed. The main advantages of using BIM for green retrofit include: the establishment of enterprise database for future interventions and maintenance, analysis of projects over the life cycle of the buildings, and consistent modeling allowing results close to reality. This work can contribute to a greater understanding of what is sustainable retrofit and how it can be accomplished used BIM, helping project teams in decision-making.

Keywords *Retrofit; Sustainability; BIM.*

1. INTRODUCTION

Currently more than half the world's population lives in cities, most in conurbations with over one million inhabitants. People spend 80% of their time in buildings and most of the time remaining in polluted urban areas. The sedentary population, far from nature, demands more and more internal space for their comfort (Edwards, 2008). The process of urbanization of cities had an important reflection on economic development and increasing the life expectancy of the population. On the other hand, cities that were once synonymous of better living conditions, today face serious problems such as pollution, the deterioration of the urban environment and increased poverty. According to Farr (2013 p. 94):

"The modern consumer society (...) explores the natural resources at a rate that the Earth cannot support. Our appetite for oil, electricity, mobility, internal spaces and material goods is huge and unceasing. A clear international scientific consensus confirms that the past few generations since the oil era, the resulting population growth and increasing per capita impact of human activities have changed the Earth's climate."

The World Congress of Civil Construction (CIB) in 1998 elaborated the Agenda 21 on sustainable construction, and defined sustainable construction as "holistic process to restore and maintain harmony between the natural and built environments and create institutions to confirm human dignity and encourage economic equality "(Morettini, 2012).

According to Motta (2009), to find sustainable development we must act in three dimensions: environmental, socio-cultural and economic, through actions "environmentally responsible, socially just and economically viable."

In order to make cities more sustainable there are different scales of intervention: from the reduction of energy consumption of buildings to increasing urban density. In this context, the retrofit of buildings appears as a possibility of application of the developed concepts of sustainability, which are often only in theory. When performing the retrofit of an existing building, there is a cutback on the impact of a new building, whether sustainable or not. It avoids the demolition, which generates a huge amount of waste, there is a better use of facilities, a reduction on the consumption of materials and on the derived carbon emissions from transport and construction, increasing the life of the building, maintaining the existing embodied energy in the building, saving energy through the adequacy of buildings to the new parameters of energy performance, improving indoor environmental quality and reducing water consumption. Note that to actually have a sustainable building the social factor is essential, occupants should be aware of its importance before the degradation to the natural environment, and have attitudes consistent with the sustainability values applied in the design phase and execution.

Due to its characteristics, BIM is able to impact on the three pillars of sustainability. From an economic point of view, it is possible to reduce project costs, improving information management and enhance coordination, with the result that fewer resources are wasted. In the social aspect, tools based on BIM facilitate the analysis and simulation of different parameters (that with traditional tools would be very complicated and would require manual data entry) allowing complex analyzes (such as daylight), and creating better

conditions of work and life, increasing comfort and well being. Regarding environmental aspects, BIM supports a number of environmental performance analysis but to optimize their abilities is required the integration with other special tools, such as LCA (Antón, 2014). For Machado (2015), research with tools that enable integration between BIM and LCA can contribute significantly in the implementation of both in the construction industry, qualitatively influencing the decision-making.

Although BIM and sustainable construction are not new concepts in the architecture and construction industry, its potential for integration has been recently explored, still having few studies that demonstrate how BIM can assist in sustainable building practices. In order to achieve a truly sustainable design its essential the integration between all building systems. BIM has in its inherent nature the possibility of integrating all areas of construction, and to achieve a sustainable world it is at the front end of a project for the design, construction, operation and maintenance (Hammond, 2011).

1.1 RETROFIT

Retrofit can be defined as interventions in the building in order to adapt it technologically, which differs substantially from the restoration, which consists in refund the property to its original condition or reform, which aims to introduce improvements without commitment to its previous features (Guimarães, 2014). Retrofitting reconciles certain striking features of the building with its technological adaptation.

Limited natural resources, high costs of space and construction, lack of availability of land made necessary interventions in existing buildings, making them more energy efficient (Chunduri, 2014). Another factor that has led to retrofit is the rehabilitation of central areas in cities such as Rio de Janeiro, Sao Paulo and Belo Horizonte, which were degrading due to dynamic real estate market.

Among the main advantages of a sustainable retrofit are reducing environmental impacts, increased profitability and minimizing operational costs. According to Wong (2015), the greenbuildings have a reduction in the cost of operation 14% and an increase of 11% on the market price when compared to traditional buildings.

Several researches have been conducted to investigate the best practices for energy efficiency in existing buildings. Among the technologies available in the market, the decision on which retrofit technology should be used for a specific project is a multi-objective optimization problem subject to many restrictions and limitations, such as special characteristics building, total available budget, project target, type of construction and services, efficiency, etc. The financial benefit is not the only criterion for the selection of retrofit technologies. The ideal solution is a trade-off between a number of energy, economic, technical, environmental, and social regulations (Ma, 2012).

1.2 BIM

BIM (Building Information Modeling) is an information model of the building, which treats the information of the building from design to operation, maintenance and demolition. Since BIM systems allow us to consider various dimensions of the project simultaneously,

they introduce coordinated on the design process considerations of energy performance, of comfort, of construction processes and costs, and can offer guidance to designers in the choice of materials. They can be considered an evolution of CAD systems for managing information on the complete lifecycle of a construction project through a bank of information integrated to the modeling (Wong, 2015)

Green BIM can be considered the process based on a coordinated model of generation and management and consistent data of building during the project life cycle that increase the energy efficiency performance and facilitate compliance with established sustainability goals. It is the use of BIM tools to achieve sustainability and/or improvement in design performance. It is a tool that was created to assist in building design the efficient integration of sustainable components, especially implementation of energy efficiency in the building lifecycle project. Application of Green BIM should not limit the analysis at the design stage and construction, but the building life cycle, including phases of the operation, repair, maintenance and demolition (Wong, 2015).

1.3 BIM AND SUSTAINABLE RETROFIT

Existing buildings represent a large part of energy consumption, and because of great service life of these, you need to think of technological solutions to improve energy efficiency and indoor environmental quality. Among the many possibilities, it's necessary to identify the most appropriate options for retrofit is a major issue because of the potential costs and impacts involved, making decisions based on concrete evidence (Assadi, 2012). Although the implementations of BIM in new and existing buildings require profound changes in the processes involved, the benefits are considerable (Volk, 2014).

Outdated or non-existent projects and incomplete energy consumption data make it difficult to predict future performance over a renovation project. Unlike what happened in the 1970 energy crisis, nowadays technology allows to improve the performance of buildings and limit capital investment in projects that will generate the greatest economic and environmental return (Autodesk, 2010). The inefficient use of materials in terms of the embodied carbon mitigation is considered a key factor in the carbon footprint of the construction industry. Improvements in BIM tools help provide analysis of emissions mitigation options in terms of manufacturing materials, transportation and installation methods (Wong, 2015).

Among the main advantages of using the Green BIM for retrofit, include:

- Identify ways to reduce the consumption of natural resources.
- Increase on site renewable opportunities.
- Teamwork and consensus-building.
- Increase investor confidence with the view of the model.
- Meet the requirements for sustainable design and energy efficiency.
- Meet the requirements of environmental certifications.

- Support an assessment of both the energy performance of construction projects and embodied energy in the materials and methods used in building construction.
- Reduce the carbon footprint by analyzing the embodied carbon and embodied energy in materials used.
- Exploitation and enhancement of luminous, thermal and acoustic analysis in projects.
- Minimizing the generation of waste.
- Parametric elements can be changed and updated throughout the project, performing simulations, which reduces conflicts between building elements, facilitates revisions and increases productivity.
- Database stores the attributes of the construction elements, allowing analysis in future projects, as well as comparisons in the use-phase of operation and maintenance of the building (facilities management).

According to Hammond (2011) and Autodesk (2010), some examples of design tools that can be used for sustainable retrofit using BIM are:

- Orientation - appropriate design guidance, allowing the site to be located by longitude and latitude, and optimize to solar passive strategies.
- Study of Volumetric -Allows good access to natural light, creating an immersive efficient building. BIM allows research with simple volumetric forms to compare settings.
- Envelope – Quality, resistance, permeability, and conductivity of materials, together with the isolation and the amount of glass are factors to be combined to determine the mass efficiency and building systems. BIM allows custom assemblies composition.
- Daylighting - Natural lighting reduces your need for artificial light in the space, thereby reducing the gain of internal heat and energy use. The BIM model can be used for daylighting simulations and shading options for indoor and outdoor conditions.
- Ventilation - Using prevailing breezes when possible for natural ventilation reduces the load on mechanical equipment.
- Energy: Using BIM analysis tools to help analyze heating and air conditioning requirements, identify daylight opportunities, and select the main building equipment can reduce energy use. Incorporate meteorological data and the local power grid to estimate building energy consumption and carbon emissions.
- Water: retrofit buildings to reduce the use of water or use alternative sources such as gray water and rainwater. Analyze options for providing potable water and not potable for the occupants and building processes. Evaluate rainwater systems, and simulate the performance of collection systems, ponds and culverts.
- Materials: Select recycled or renewable materials during building renovations. Consider the integrated projects that reduce rework and the resulting waste.

2.CASE STUDIES

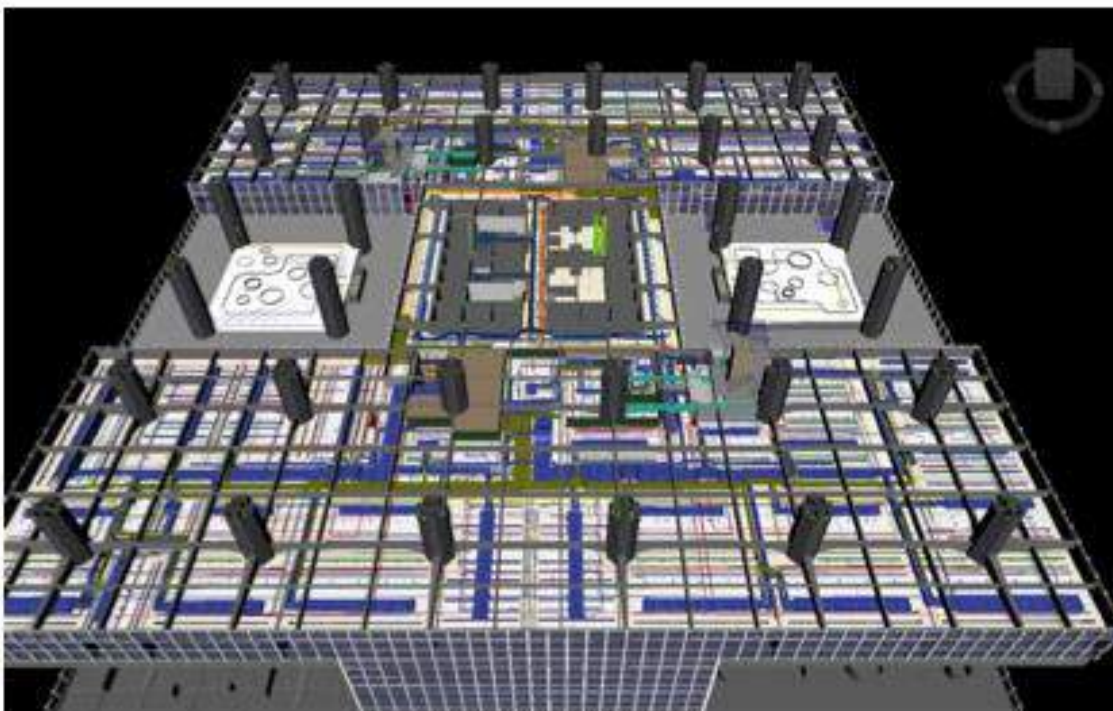
To illustrate the potential use of BIM for sustainable retrofit, will be demonstrated two case studies taken from the literature.

2.1 Commercial building

In the article "Plataforma BIM, retrofit e sustentabilidade ambiental: estudo de caso na cidade do Rio de Janeiro" "from Silva (2015) a case study of an enterprise is presented, whose project carried out in the 1960s had bioclimatic architecture principles: valuing the social life in pleasant surroundings and a desire to become a landmark in the city's architecture, especially in the landscape, but integrated with its surroundings.

Based on work previously performed on the 6th floor to increase energy savings, it developed a technology upgrade project aiming at adapting to current and future needs of the building. The study followed the modeling of the building, which began with the work provided and extended to the creation of the digital model of the entire set. With the modeling it was possible to create a database with all the information on the building to assist in maintenance management. Performance simulations still in the design phase and the ability to choose the best alternatives before the start of implementation, will allow the company to obtain environmental certification AQUA and energy labeling Procel Level A, which further justifies the production of the model in BIM. Among the features used in BIM are checking the interference, the use of management that allow the supervision and approval of documents by staff systems, the visualization of the 3D building model (Figure 1), the collaboration of a multidisciplinary team with exchange information to serve the AQUA certification requirements and the project management system in operational phase.

Figure 1 - Virtual Model of the building (Silva,2015)



The main findings found in this research were:

- The adoption of BIM platform should preferably take place in the process and project start to use all the features that have occurred, which was not the case as the basic project of the previous works had been done in 2D.
- For the little familiarization of staff with BIM, the project development time was longer than usual.
- Because not all employees are familiar with the BIM platform it was to convert the retirement plans for AutoCad.
- Due to the advantages found as early solution of interference that could only be identified during the work, the company intends to use modeling in future projects.
- The project team defined a "block-pilot" to be modeled in BIM, allowing familiarizing professionals with new technology and enabled the identification of the technical bottlenecks in parts of the building where you realize the greatest amount of pipes and connections due to the crossing of different building systems.
- There was overlapping assignments of external coordinators, which was the lack of understanding of the participants to the possibilities offered by the use of the platform did not take full advantage of the technology, and repeated the schemes adopted in development projects in 2D.
- Creation of an enterprise database to facilitate operating activities and building maintenance as well as the realization of future reforms.
- The need for professionals who work in maintenance are qualified and familiar with the use of this tool in order to keep the database up to date.
- Establishment of a specific sector the company intended solely for research and development of technological solutions applied to construction, which will be devoted to the creation of a database that can add information to complement parametric modeling, making it an interesting strategy to be adopted in future projects.

2.2 EMOP Building

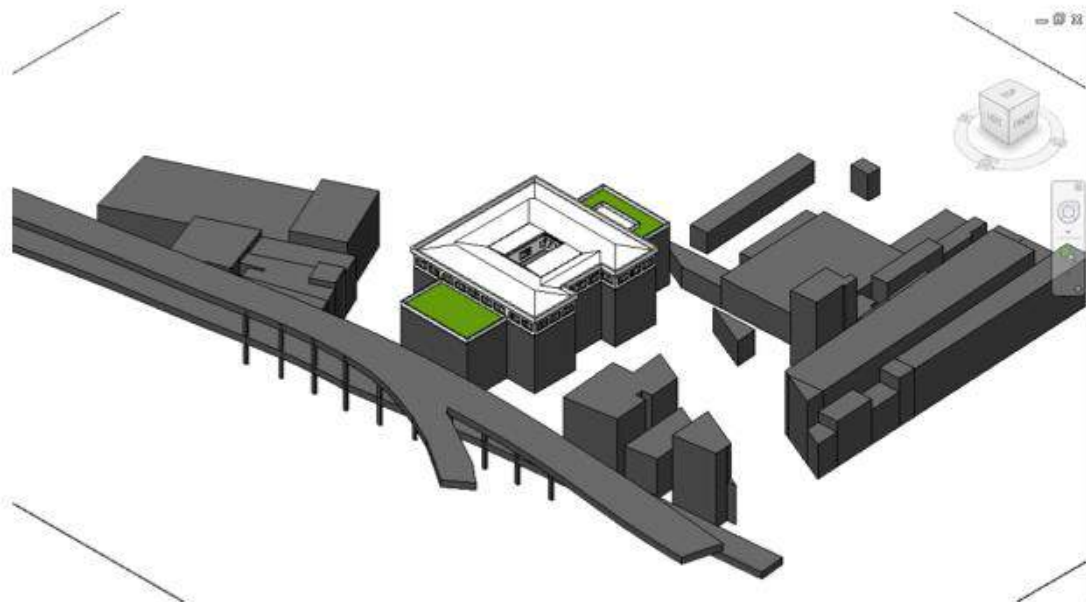
The study "O retrofit e a modelagem de informações como ferramenta de análise de projetos" from Guimarães (2014) presented the retrofit project for the 5th floor Construction Company headquarters of the State of Rio de Janeiro (EMOP) located in the Campo de São Cristóvão, in Rio de Janeiro. Besides the aim to adapt it technologically, replacing systems and changing the layout to adapt to current needs, the concern to reconcile the necessary changes and certain characteristics that refer to the original project, the project aims to encourage the retrofit in other floors.

The main construction resources used were internal panel-glass partitions coated with melamine laminate and core glass wool for transparency expected in the department; Facade tempered glass tinted with a thickness of 8 mm and solar control film, for the purpose of improving the thermal performance of the building and luminal;

thermoacoustic lining in mineral fiber used in offices; in the honeycomb lining hallway was used to provide lightness to the environment and to facilitate the embedded systems, single air conditioner installed in the upper slab supplies cool air to the fancoletes. The latter did not work properly, which will be replaced in future project for central air conditioning duct.

Based on the retrofit project of the 5th floor of the EMOP developed 2D programs and information for the materials used in the work was prepared the 3D model in Revit, also considering the location, as shown in Figure 3, it is necessary latitude and longitude to suit the climate of the region and around the building in the performance analysis (Figure 4). It has also developed the volumes of the buildings of the surroundings and the red line due to the influence that these buildings have on the EMOP. Thus, it was possible to carry out performance reviews luminal, thermal energy (Figure 5) and acoustic in the building.

Figure 2- Surrounding volumetry (Guimarães,2014)



The main findings identified in this study were:

- The BIM has great potential, and with a consistent modeling, you can get close to reality results and evaluate changes that can improve the performance of the building.
- The project was initially developed in 2D, it has not been evaluated, using performance simulations during its design. The development of a model with information, as shown in this study, could have indicated the possibility of replacing materials for other similar with a better cost-benefit ratio.
- Many companies do not provide data for the material, making it difficult to obtain reliable results. The data consistency condition is one of the fundamental concepts for the use of BIM.
- We found difficulties in finding data that are complete and homogeneous of the same material.

- Revit having embedded software analysis tool was used, but requires modeling with a higher degree of detail. If specific programs for analysis of building performance were used, this level of detail could be lower.
- economic analysis or detailed behavior of the materials or techniques used, which could be addressed in future studies were not considered.
- It is also suggested as a possible future study the integration of environmental certifications to BIM projects.

3.CONCLUSIONS

The BIM model allows quantifying, planning, coordinating and retrieving information over the building life cycle. In this study it was revealed that the inherent nature of BIM integration makes it an ideal tool for application of sustainable design principles, as this facilitates collaboration between professionals from different areas in the early stages of construction, allowing discussions to start them. Among the main advantages of BIM for sustainable retrofit include: increasing energy efficiency, reducing water consumption and waste generation, the analysis of project interference, project alternatives of testing possibilities and tests on the model behavior.

By analyzing the case studies, it was possible to see that as Green BIM has been little used, the process is still immature and not systematized. In both case studies, projects were initiated in 2D, only moving to BIM platform at later stages, which affect the use of the tools available and the design choices. Both Silva (2015) and Guimarães (2014) point out that the main limitation found was the lack of staff training and little staff familiarization with the system functionality, resulting in loss of time in the design process.

Another limitation mentioned by Guimarães (2014) was the difficulty of obtaining reliable data, complete and homogeneous regarding the materials, which can be solved with the PBACV (Brazilian Program of Life Cycle Analysis) that is creating a Brazilian database.

For Silva (2015) the creation of a building's database will enable better understanding of the building as well as its use in future projects and maintenance.

Regarding the environmental certifications, Silva (2015) sought to AQUA and PROCEL level A, while Guimarães (2014) suggests as future study the possibility to integrate environmental certifications to BIM projects.

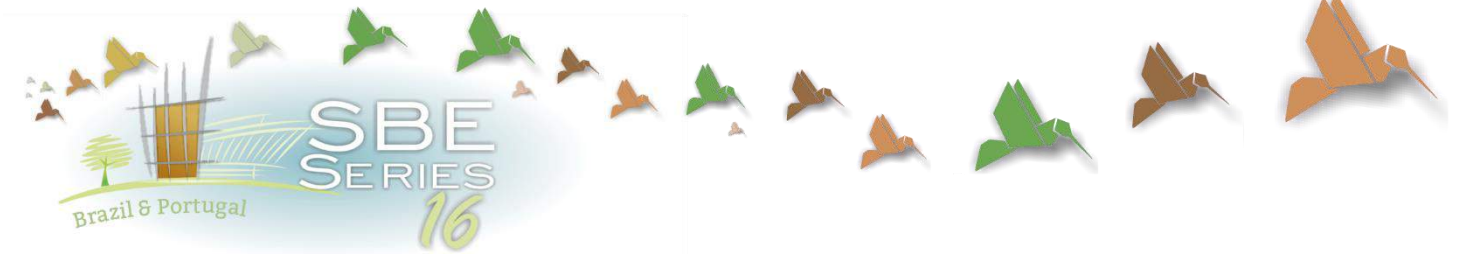
Due to the great potential of BIM and the advantages found in its use, Guimarães (2014) and Silva (2015) recommend their use in future studies.

It is noteworthy that the buildings analyzed have different magnitudes. So while Guimarães (2014) studies an office building floor of EMOP, Silva (2015) considers the 26 building floors Petrobras main office. Based on these data, a comparative analysis of two case studies is limited because the project needs, work teams and the amount of information obtained are different.

As future research possibilities are the practical application and improvement of tools for its realization, seeking to identify the most appropriate options according to the potential costs, reduce environmental impacts involved and the possibility of environmental certification.

REFERENCES

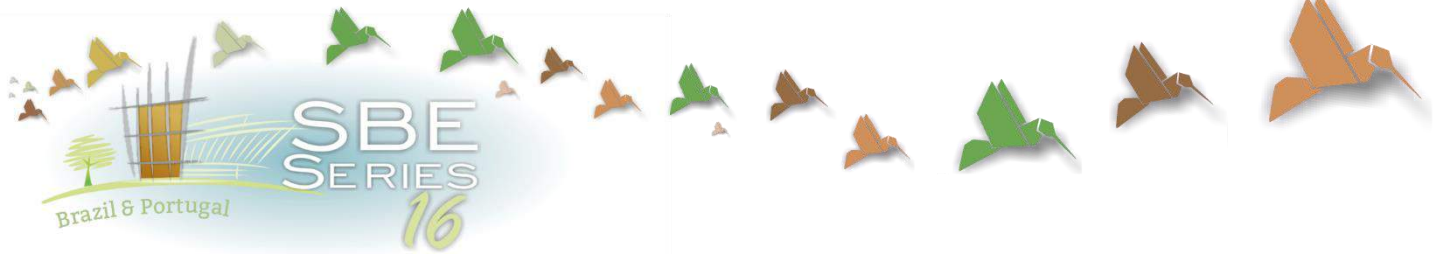
- Agopyan, V., & John, V. M. (2011). *O desafio da sustentabilidade na construção civil*. São Paulo: Blucher.
- Antón, L. A; Díaz, J. *Integration of LCA and BIM for Sustainable Construction*. World Academy of Science, Engineering and Technology, International Science Index, v. 89, p. 1345-1349, 2014
- Autodesk (2010), “*The advantages of BIM-enabled sustainable design for improving commercial building performance*”, Autodesk.
- Chunduri, S., Lee, S., & Messner, J. I. (2014). An Integrative Process for Advanced Energy Retrofit Projects. In *Proceedings of 2014 International Conference on Computing in Civil and Building Engineering* (pp. 259-266). American Society of Civil Engineers.
- Edwards, Brian. *O guia básico para a sustentabilidade O guia básico para a sustentabilidade O guia básico para a sustentabilidade*. Barcelona: Gustavo Gili, 2008.
- Farr, D. (2013). *Urbanismo sustentável: Desenho urbano com a natureza*. Bookman Editora.
- Guimarães, L. F. (2014). *O retrofit e a modelagem de informações como ferramenta na análise de projetos (Graduation dissertation, Universidade Federal do Rio de Janeiro)*.
- Hammond, G.; Jones, C. Embodied Carbon - *The Inventory of Carbon and Energy (ICE)*. BSRIA (University of Bath), Bath, 2011.
- Ma, Z., Cooper, P., Daly, D., & Ledo, L. (2012). Existing building retrofits: Methodology and state-of-the-art. *Energy and buildings*, 55, 889-902.
- Machado, F. A; Moreira, L. C. S. *O Uso de Ferramentas BIM na Otimização do Método de Avaliação do Ciclo de Vida da Edificação*. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2015.
- Morettini, R. Tecnologias construtivas para a reabilitação de edifícios: tomada de decisão para uma reabilitação sustentável (*Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo*), 2012.
- Motta, S.R.F.; Aguilar, M.T.P. *Sustentabilidade e processos de projeto de edificações*. Gestão & Tecnologia de Projetos, São Paulo, v.4, n.1, 2009. USP, São Paulo, 2009.
- Silva, F. D., Salgado, M. S., & Da Silva, C. M. (2015). Plataforma BIM, retrofit e sustentabilidade ambiental: estudo de caso na cidade do Rio de Janeiro. *Blucher Engineering Proceedings*, 2(2), 329-341.
- Volk, R., Stengel, J., & Schultmann, F. (2014). Building Information Modeling (BIM) for existing buildings—*Literature review and future needs*. *Automation in Construction*, 38, 109-127.
- Wong, J. K. W., & Zhou, J. (2015). Enhancing environmental sustainability over building life cycles through green BIM: *A review*. *Automation in Construction*, 57, 156-165.



Chapter 4

Training and education to promote adoption of sustainable approaches

SBE16 Brazil & Portugal
Sustainable Urban Communities towards a Nearly Zero Impact Built Environment
ISBN: 978-85-92631-00-0



Desenvolvimento de ferramenta para aplicação do conceito de projeto para manutenção no processo projetual

Isabela Stiegert

Federal University of Juiz de Fora, master student in Built Environment Management, Juiz de Fora (MG), Brazil

isabelastiegert@hotmail.com

Marcos Martins Borges

Federal University of Juiz de Fora, associate professor in Production and Mechanical Engineering Department. Master's Programme Coordinator in Built Environment, Juiz de Fora (MG), Brazil

marcos.borges@engenharia.uff.br

ABSTRACT: O paradigma tradicional de projetos de engenharia civil e arquitetura é caracterizado em grande parte por uma lógica desconexa entre as áreas que compõem o ciclo de vida de um projeto. As deficiências relacionadas com o projeto advêm da falta de comunicação entre os projetistas. Como resposta a essa demanda, é possível encontrar os princípios defendidos pela Engenharia Simultânea e da metodologia Design For Excellence (DFX – projeto para excelência) e design para Manutenção (DFM – projeto para manutenção). Sabe-se que a manutenção envolve muitos fatores e agentes, e o projeto arquitetônico é o primeiro de todo o processo. Desse modo, a previsão para a realização da manutenção do edifício traz benefícios para todo o empreendimento. Para facilitar o trabalho de projetistas nesta área, esta pesquisa propõe a aplicação de um questionário aos profissionais envolvidos para entender suas demandas sobre o assunto. O objetivo deste trabalho é coletar de projetistas de arquitetura sua demanda para executar projetos para manutenção, a fim de criar uma ferramenta digital que atenda de melhor maneira essa demanda. Para este fim, uma revisão da literatura de fontes nacionais e internacionais foi realizada e, posteriormente, um questionário virtual enviado para os designers de uma cidade média no estado de Minas Gerais realizado. A partir dos dados obtidos, é possível estabelecer a estrutura da ferramenta.

Keywords *projeto arquitetônico; projeto para manutenção; manutenção pós-ocupação predial; ferramentas de projeto.*

1. INTRODUÇÃO

A separação entre o projetar e o fazer é uma característica comum em nossa sociedade, no entanto, nem sempre foi assim. Em processos vernaculares ou artesanais, os projetos e a execução eram feitos pelo mesmo profissional, sem base teórica e com fundamento em experiências práticas. Tal método deixou de atender à demanda quando o ritmo de mudanças acelerou-se, no contexto pós-Revolução Industrial até os dias atuais, esse contexto traz vantagens (facilidade em mudar itens problemáticos em projetos antes da execução) e desvantagens ao processo, como dificuldade em controlar o desempenho em alguns parâmetros (Lawson, 2011).

O objetivo geral desta pesquisa é avaliar a importância da integração entre projeto de arquitetura e projeto para manutenção. Como objetivo específico, tem-se o estabelecimento de uma ferramenta de projeto a ser desenvolvido em etapa posterior com a finalidade de facilitar o projetista de arquitetura a incorporar a manutenção predial em seus projetos.

A relevância do tema justifica-se pelo alto índice de acidentes de trabalho relacionados à construção civil ao impacto que o setor possui na atividade econômica brasileira. (Barbosa et al, 2012). Melo Filho et al. (2012) demonstram que uma porção considerável dos acidentes do trabalho na indústria da construção civil está relacionada à queda em altura, que corroboram com o tema de pesquisa e com sua possível contribuição para o setor. O pensamento na manutenção engloba, inclusive, a preocupação com o trabalhador que atuará durante esta fase do ciclo de vida do empreendimento.

Além do panorama brasileiro, outra justificativa para a pesquisa foi a situação apontada por Saurin (2005) na União Europeia, local onde os projetistas precisam realizar uma análise de riscos de acidentes envolvidos na execução de seus projetos. Conforme levantado pelo autor, apesar dos benefícios para o empreendimento apontados na literatura, existem barreiras reais enfrentadas pelos projetistas para aplicar a segurança do trabalho na fase de projeto, dentre elas, o pouco conhecimento em relação aos assuntos de segurança, que muitas vezes não receberam ou receberam suficientemente esse conhecimento nos cursos de Engenharia e Arquitetura (como acontece no Brasil), o que muitas vezes acontece também no âmbito da manutenção predial. Desse modo, este trabalho facilita a aplicação das diretrizes sugeridas inclusive por profissionais com pouco conhecimento teórico na área de manutenção, uma vez que os conhecimentos de diversas fontes bibliográficas foram correlacionados entre si para facilitar a incorporação da manutenção na fase projetual.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 O processo de projeto arquitetônico

A separação entre o projetar e o executar advém do contexto Renascentista e trouxe com ele algumas consequências para o processo construtivo, dentre elas, o fato de os desenhos de Arquitetura obedecerem a leis diferentes da construção, em outras palavras, “o que era representado no desenho não era, necessariamente, o que poderia ser construído” (Andrade et al. 2011).

Diferentes agentes participam do processo de projeto, dentre eles, os empreendedores, os projetistas, os consultores, cada qual com a sua contribuição no processo. As decisões de projeto sofrem influências de diversos fatores, tais como os interesses dos agentes envolvidos, cronogramas, prazos, parâmetros legais e normativos, limitações financeiras, possibilidades construtivas, entre outras (Fabricio, 2002).

Como Fabricio (2002) aponta, o projeto de arquitetura é desenvolvido com pouca interação com as demais áreas e com a equipe de execução de obra, e seu resultado é base para o desenvolvimento dos demais projetos. Apesar dos métodos de projeto arquitetônico demonstrarem uma tendência a levar o projeto do geral para o particular, nem sempre é assim, e pode ocorrer de modo contrário (Andrade et al., 2011). Lawson (2011) propõe uma forma simplificada de representar o processo de projeto através das seguintes fases: análise (identificação dos principais elementos que compõem o problema de projeto, que alimentam parâmetros de projeto de forma hierárquica); síntese (concepção das soluções em resposta à etapa de análise); avaliação (solução proposta é comparada com os parâmetros levantados na fase de análise), conforme a figura 1.

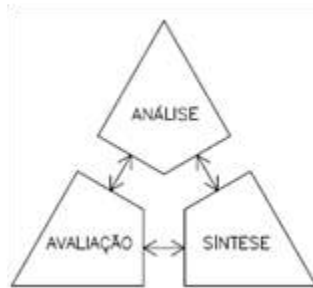


Figura 1. Fases de um projeto de arquitetura. Fonte: Adaptado de Lawson (2011)

No processo tradicional de projeto, o primeiro projetista a ser contratado é o de arquitetura. Este profissional leva em consideração as necessidades do cliente e do promotor do empreendimento, além de projetar de acordo com parâmetros legais (normas e regulamentos). Após aprovação do projeto arquitetônico pelos agentes envolvidos no processo, iniciam-se os projetos complementares a ele, dentre eles, o projeto estrutural, o projeto hidrossanitário, o projeto de instalações elétricas, dentre outros. Posteriormente à realização dos complementares, é realizada a compatibilização entre eles e o arquitetônico, sendo que este pode sofrer interferências dos demais. Essa interferência pode acontecer pelo fato de o projeto arquitetônico não considerar itens relevantes às demais áreas de conhecimento.

Com o impacto que o projeto arquitetônico possui em todo o processo, e como nele são tomadas decisões norteadoras para as etapas seguintes, enxerga-se a possibilidade de propor paradigmas viáveis de projeto integrado, para suprir as falhas encontradas no processo tradicional e linear de projeto, prevendo inclusive itens relativos à manutenção predial posteriormente. Spielholz & Chavez apud Filho et al. (2012), justificam o investimento na etapa de planejamento, tendo em vista os benefícios econômicos relacionados ao aumento da produtividade, devido à eliminação de retrabalho e à redução das incertezas pela falta de comunicação adequada das partes envolvidas.

2.2 O projeto integrado ou simultâneo

O método tradicional se configura como processo fragmentado e sequencial, desse modo, a colaboração entre projetistas é reduzida, implicando revisão, retrabalho ou até abandono de projetos já amadurecidos, quando há necessidade de mudança ou interferência entre projetos (Fabricio, 2002).

Outro aspecto relevante é a execução do empreendimento após a fase de projeto, que é apontada por Fabricio (2002) como um ponto de cisão no processo, já que o projeto se preocupa com o produto final e não com o processo para que ele seja realizado, de modo que outros agentes existentes no ciclo de vida do produto têm pouco espaço durante a elaboração dos projetos, dentre eles, os referentes à manutenção do edifício.

O princípio da Engenharia Simultânea (ES) se contrapõe ao método tradicional e preconiza que desde o início do projeto sejam realizados em paralelo, além de outros projetos, outros aspectos referentes ao desenvolvimento do produto, como produção, manutenção e descarte. Na construção civil, sua aplicação encontra limitações devido à complexidade dos produtos do setor. Entretanto, o conceito de projeto simultâneo é considerado uma adaptação da ES para o setor em pauta, buscando a melhoria da qualidade ao longo da produção e do uso do empreendimento, através da união antecipada de todos os agentes envolvidos em todo o ciclo de vida da edificação (Fabricio & Melhado, 2007).

2.3 O projeto para manutenção

Enquanto definição, a manutenção se configura com um “conjunto de atividades a serem realizadas para conservar ou recuperar a capacidade funcional da edificação e de suas partes constituintes de atender as necessidades e segurança dos seus usuários” (ABNT, 1999).

Para Melo Filho et al. (2012), a manutenção predial é essencial para a preservação de características de desempenho do edifício para qual foi projetado, que vai ao encontro do que é preconizado pela Norma de Desempenho em edificações (ABNT, 2013). A fase de manutenção na construção civil é apontada pela Organização Internacional do Trabalho (OIT) como uma tendência mundial em aumento de atividades no setor, de forma que representam atualmente quase 50% da movimentação em países com economias mais desenvolvidas (OIT, 2004).

Como mostra a figura 2, o envelhecimento da construção ocorre de modo mais lento e com maiores níveis de desempenho quando existe a manutenção predial (curva 2), por prolongar a vida útil dos materiais utilizados.

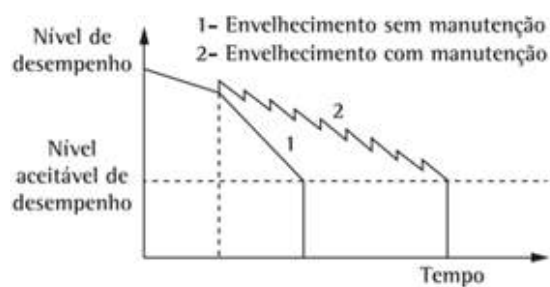


Figura 2. Influência da manutenção na durabilidade dos materiais. Fonte: Macerlli apud Filho et al. (2012)

Atualmente, o processo de projeto vem sendo reconhecido como parte fundamental na cadeia da construção civil, uma vez que ele influi diretamente na eficiência e no desempenho econômico do empreendimento. Por isso, Filho et al. (2012) aconselham que haja auditoria na fase de projeto para a previsão das condições em que o projeto será executado e no momento de manutenção da edificação, para que ele possa contribuir com o processo mostrado na figura anterior.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Enquanto método de pesquisa optou-se inicialmente por realizar uma revisão bibliográfica sobre o processo de projeto em arquitetura e o projeto para manutenção. Além dos temas anteriores, foi buscado também referência sobre desenvolvimento de produto, uma vez que o resultado da presente pesquisa é criar uma ferramenta para o cliente principal desta, que é o projetista de arquitetura, a fim de facilitar a inclusão do tema durante o processo projetual.

As buscas foram realizadas em fontes nacionais e internacionais, para melhor compreensão do cenário mundial e sua interlocução com o contexto brasileiro.

Desse modo, foram pesquisados autores nesse âmbito em livros, normas e regulamentos técnicos, publicações e periódicos relacionados ao tema de pesquisa.

Após a realização da fundamentação teórica, observou-se que era necessário recolher junto aos profissionais projetistas de arquitetura a real demanda quanto ao tema, uma vez que tais profissionais são os clientes os quais essa pesquisa visa atender.

Para tal, inicialmente foi levantado os projetistas e os escritórios de arquitetura que atuam na cidade mineira de Juiz de Fora/MG, totalizados em cento e quatro (104) profissionais e/ou escritórios a serem entrevistados.

Foi elaborado um questionário em âmbito virtual, que foi enviado a todos os endereços de correio eletrônico dos profissionais listados acima. Dos questionários enviados, obteve-se resposta de vinte e seis (26) respostas, vinte cinco por cento (25%) do público que recebeu o questionário, um quarto dos entrevistados.

As perguntas executadas pelo questionário virtual foram organizadas no quadro abaixo (tabela 1). Cada uma das perguntas foi elaborada com um objetivo específico, de modo a compreender ao máximo o público a ser atendido.

Tabela 1. Perguntas e critérios de avaliação do questionário. Fonte: Elaboração pelos autores

Pergunta:	Crítérios de avaliação
<p>1- O processo tradicional de projeto na construção civil se configura um método linear e com pouca interação entre diversos projetistas. Tais características implicam, comprovadamente, perdas na qualidade final do produto, como, dificuldade na execução e manutenção de projetos. O conceito de projeto simultâneo ou integrado mostra-se enquanto resposta a essa demanda, uma vez que defende a antecipação de certas etapas e profissionais desde a etapa de projetos (como projetistas de áreas complementares, profissionais de execução ou manutenção de obras, dentre outros). A partir dessa assertiva, julgue a importância do projeto simultâneo para o processo de projeto:</p>	<p>(1) Muito relevante (2) relevante (3) indiferente (4) pouco relevante (5) irrelevante</p>
<p>2- Você já tinha prévio conhecimento e/ou já conseguiu aplicar conceitos de projeto simultâneo em algum projeto do seu escritório?</p>	<p>(1) Sim, tenho prévio conhecimento do assunto e já apliquei em pelo menos um projeto (2) Sim, tenho prévio conhecimento do assunto, mas não apliquei em nenhum projeto (3) Já ouvi falar sobre o assunto (4) Nunca ouvi falar nesse tema</p>
<p>3- Sabe-se que a manutenção constitui item de relevância para o ciclo de vida da edificação, ampliando-o e otimizando-o, e conseqüentemente, aumentando a satisfação do usuário final quanto ao ambiente construído. A fase de manutenção na construção civil é apontada pela Organização Internacional do Trabalho (OIT) como uma tendência mundial em aumento de atividades no setor, de forma que representam atualmente quase 50% da movimentação em países com economias mais desenvolvidas. A partir do exposto acima e de seus conhecimentos, como você julga a importância da manutenção predial em uma edificação:</p>	<p>(1) Muito relevante (2) relevante (3) indiferente (4) pouco relevante (5) irrelevante</p>
<p>4- A partir do enunciado anterior, e conhecendo as necessidades dos clientes dos projetos de arquitetura que recebe em seu estabelecimento, qual a opinião que você espera dele com relação ao projeto de manutenção, uma vez que pensar essa fase antecipadamente pode reduzir seus custos com manutenção posteriormente:</p>	<p>(1) Muito relevante (2) relevante (3) indiferente (4) pouco relevante (5) irrelevante</p>
<p>5- Subentende-se que a incorporação de um novo item na fase de projeto (o projeto para manutenção) demandará novos recursos da empresa ou projetista (tempo de projeto, custos, qualificação da mão-de-obra, entre outros). A partir dessa assertiva, qual o impacto que você esperaria no seu escritório:</p>	<p>(1) Muito impactante (2) impactante (3) indiferente (4) pouco impactante (5) irrelevante</p>
<p>6- O objetivo dessa pesquisa é criar uma ferramenta de projeto para auxiliar os projetistas a realizarem o projeto para manutenção incorporados ao projeto de arquitetura, se a demanda surgir do cliente ou do próprio projetista, com o intuito de otimizar o processo projetual. Dentre as opções abaixo, qual você acredita que suprimiria melhor sua demanda na rotina real do seu estabelecimento:</p>	<p>(1) Manual textual, em forma de documento a ser consultado no início do processo de projeto, interpretado e aplicado durante o projeto (2) Planilha que represente o conteúdo do primeiro item de forma sintetizada (3) Aplicativo para smartphone que reúna o conteúdo do primeiro item para ser acessado do telefone móvel (4) Plug in para programa de projeto que aplique de forma prática o conteúdo do primeiro item durante o projeto, de forma a sinalizar durante o desenho ou modelagem aspectos a serem feitos pelo projetista para alcançar o objetivo desejado.</p>

A primeira questão aborda o processo de projeto simultâneo, com a finalidade de explicar ao entrevistado o tema maior de pesquisa e receber do mesmo o grau de importância que ele dirige ao conceito.

A próxima pergunta questiona o entrevistado sobre seu prévio conhecimento ou aplicação do conceito em algum projeto real por ele executado. Essa questão tem por objetivo compreender o entrevistado quanto ao prévio conhecimento do tema, inclusive para verificar a abrangência e utilidade do mesmo no meio desta pesquisa.

A terceira questão aborda o tema específico dentro do projeto simultâneo, que é o projeto para manutenção. Após breve explanação e apontamento de vantagens, é questionada ao entrevistado a importância do tema em seu meio de atuação.

O quarto item questiona quanto aos clientes dos projetistas entrevistados, se eles se interessariam pela aplicação do conceito em estudo em seus projetos, uma vez que o mesmo garante benefícios reais para o empreendimento.

A quinta questão aborda o impacto que este novo conceito implicaria na rotina dos projetistas (deslocamento de mão-de-obra, treinamento, entre outros).

A sexta e última pergunta compreende a resposta efetiva quanto à ferramenta a ser criada em uma próxima fase desta pesquisa. Foram expostas quatro opções para os entrevistados, pensadas para atender quatro diferentes ferramentas de projeto. A primeira opção diz respeito a um manual teórico contemplando diretrizes de projeto para manutenção, o qual o projetista deverá consultar sempre que executar o projeto visando sua posterior manutenção.

A segunda opção visa criar, de maneira sistemática e reduzida, uma tabela que contemple o conteúdo objetivo do manual descrito acima, de forma que o projetista deverá sempre consultar esse material durante a execução do projeto.

A terceira opção objetiva a criação de um aplicativo para *smartphones* que contemple o conteúdo do manual ao alcance da utilização do aparelho móvel.

A quarta e última opção de resposta pretende criar um plug in para um programa de modelagem de projeto, de modo que o próprio programa sinaliza ao arquiteto o que deve ser feito para facilitar a manutenção predial posteriormente. Desse modo, o projetista não precisaria ter prévio conhecimento das diretrizes projetuais para o tema, elas viriam aplicadas no plug in de forma pragmática.

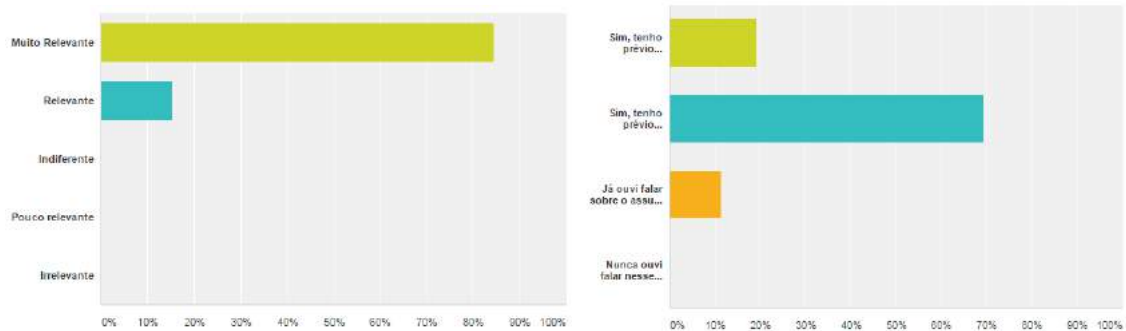
4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A montagem de gráficos a partir das respostas coletadas pelo questionário virtual facilitou a análise dos resultados, que será feita a cada pergunta, conforme explanação abaixo.

A primeira pergunta obteve todas as respostas entre os itens 1 e 2 (muito relevante e relevantes), conforme o primeiro gráfico (figura 3). Dos entrevistados, 84,62% (22 deles) marcaram o tema como muito relevante, enquanto o restante, 15,38% (4 entrevistados) optaram por julgá-lo como relevante.

Tais respostas e a ausência do julgamento enquanto irrelevante, pouco relevante ou indiferente demonstram o reconhecimento pelos projetistas da importância do projeto

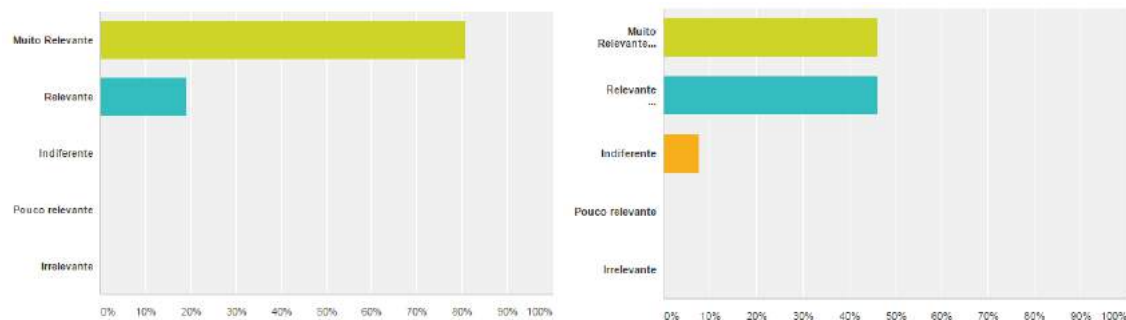
integrado enquanto beneficiador do processo projetual, o que corrobora para a importância desta pesquisa para seu público alvo.



Figuras 3 e 4 – Resposta às perguntas de número 1 e 2. Fonte: Elaboração pelos autores.

A segunda questão obteve as respostas entre os itens 1, 2 e 3 (resposta abordadas no quadro 1), conforme o gráfico 2. Dos entrevistados, 19,23% (5 deles) marcaram que já conheciam o tema e que já aplicaram o conceito em pelo menos um projeto. Com maior público ficou a segunda opção, com 69,23% dos entrevistados (18 deles), afirmando que conhecem o tema, mas nunca aplicaram em um projeto. Por fim, 11,54% (3 entrevistados) disseram que já ouviram falar do assunto e nenhum dos entrevistados nunca ouviu falar do assunto. Mais uma vez, o conhecimento do tema pelos projetistas corrobora com a importância destinada ao tema da pesquisa (figura 4).

A terceira questão aborda o tema da manutenção em edifícios, a partir de breve explanação sobre o tema e apontamento de benefícios acerca dele. Dentre os entrevistados, 80,77% (21 entre eles) julgaram o tema como muito relevante, enquanto o restante, 19,23% (5 entre eles) apontaram o tema como relevante. Nenhum deles preencheu as outras opções, o que demonstra a já existente percepção quanto à preocupação com a manutenção predial (figura 5).

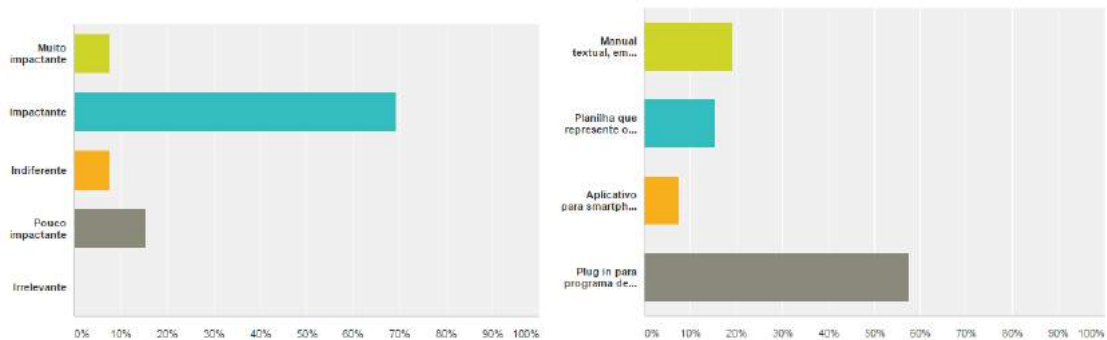


Figuras 5 e 6 – Resposta às perguntas de número 3 e 4. Fonte: Elaboração pelos autores.

A quarta questão pergunta sobre as expectativas dos clientes dos projetistas entrevistados quanto à inclusão do tema em seus projetos, a partir do conhecimento dos projetistas de seus próprios clientes e público alvo. Dentre as respostas, 46,15% (12 entre eles) julgaram que seus clientes apontariam o tema como muito relevante, o mesmo percentual de 46,15% (12 entre eles) apontaram a alternativa relevante. Apenas 7,69% dentre eles acreditam que seus clientes julgarão o tema como indiferente. Tal resultado mostra que o

tema tem espaço no mercado projetual de arquitetura, em especial ao atendimento ao cliente de projetos (figura 6).

O quinto item questiona qual impacto esperado à rotina dos projetistas e escritórios, uma vez que se espera que novos itens de projeto impliquem mudanças nas rotinas dos estabelecimentos, como qualificação de mão-de-obra, treinamento da equipe, entre outros. Dentre os entrevistados, 7,69% (2 entre eles) julgou o item como muito impactante, enquanto 69,23% (18 entre eles) apontou como impactante, 7,69% (2 entre eles) afirmou ser indiferente e 15,38% (4 entre eles) julgou ser pouco impactante. É interessante a maior parte dos resultados mostrar ter relativo impacto, uma vez que o objetivo dessa pesquisa é justamente criar uma ferramenta que facilite esse processo e o impacto gerado por ele (figura 7).



Figuras 7 e 8 - Resposta às perguntas de número 5 e 6. Fonte: Elaboração pelos autores.

O sexto e último gráfico (figura 8) recolhe dos entrevistados a melhor ferramenta a ser criada posteriormente por esta pesquisa, com o objetivo de melhor atender ao público alvo dessa pesquisa. Dentre os entrevistados, 19,23% (5 entre eles) optaram pelo manual teórico, enquanto 15,38% (4 entre eles) julgaram como melhor opção a criação de uma planilha, e 7,69% (2 entre eles) optaram pelo aplicativo de smartphone. A maioria escolheu o plug in a ser desenvolvido para aplicação pragmática em algum programa de execução de projeto arquitetônico (figura 8).

Uma hipótese para os resultados alcançados é a relação desta pergunta com a anterior, que a avalia o impacto desse novo campo de conhecimento na rotina dos projetistas. Novos conhecimentos demandarão tempo de aprendizado e mão-de-obra deslocada de outras tarefas usuais dos escritórios. É possível compreender a escolha pela quarta opção na sexta pergunta porque é uma resposta mais rápida à demanda, em relação às opções anteriores.

5 CONCLUSÕES

A partir da pesquisa exposta, alcançou-se o objetivo específico do presente trabalho, que buscou identificar a demanda de projetistas de arquitetura quanto ao tema maior de pesquisa, o projeto para manutenção incorporado ao projeto arquitetônico, pelas justificativas expostas no início deste trabalho.

Seguindo a metodologia de desenvolvimento de produto de uma pesquisa maior, este artigo objetivou aplicar um questionário para recolhimento da real demanda dos projetistas da área com o intuito de identificar qual a melhor ferramenta a ser desenvolvida para responder a esta demanda.

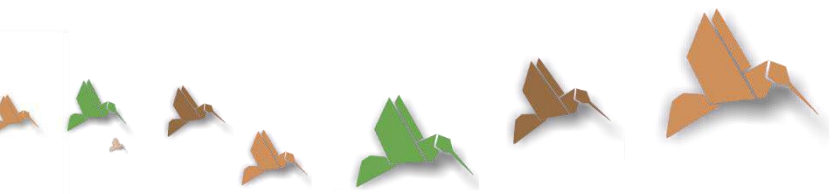
A partir dos resultados, foi possível estabelecer que o desenvolvimento de um plug in para programa projetual melhor atende ao público alvo da pesquisa.

Além do alcance do objetivo principal, foi possível reconhecer a importância que o tema apresenta para o público alvo, corroborando com a justificativa de pesquisa.

Posteriormente, enquanto próximos estudos relacionados a esta pesquisa, objetiva-se selecionar qual o programa a ser escolhido para desenvolvimento do plug in, de forma a concluir a contribuição da presente pesquisa no processo projetual arquitetônico.

REFERÊNCIAS

- Kowaltowski, D. et al. 2011. *O processo de projeto em arquitetura: da teoria à tecnologia*. São Paulo: Oficina de Textos.
- ABNT Associação Brasileira De Normas Técnicas. 1999. *NBR 5674: manutenção de edificações – procedimentos*. Rio de Janeiro: ABNT.
- ABNT Associação Brasileira De Normas Técnicas. 2013. *NBR 15575: edificações residenciais – desempenho*. Rio de Janeiro: ABNT.
- Barbosa, A. M. G. et al. 2012. *Segurança e saúde na indústria da construção no Brasil: diagnóstico e recomendações para a prevenção dos acidentes do trabalho*. Brasília: SESI /DN.
- Fabricio, M. M. 2002. *Projeto simultâneo na construção de edifícios*. São Paulo: Escola politécnica da Universidade de São Paulo.
- Fabricio, M. M. et al. 2002. *Colaboração simultânea em diferentes tipos de empreendimentos de construção de edifícios*. Foz do Iguaçu: IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.
- Fabricio, M. M. et al. 2007. *Por um processo de projeto simultâneo*. Curitiba: VII Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios.
- Ministério do Trabalho e Emprego (MTE). *Normas regulamentadoras (nr's) 01, 18 e 35*.
- Melo Filho, E. C. et al. 2012. *Avaliação da segurança do trabalho em obras de manutenção de edificações verticais*. Revista Produção, v. 22, n. 4, p. 817-830, set./dez.
- Lawson, B. 2011. *Como arquitetos e designers pensam*. São Paulo: Oficina de Textos.
- Organização Internacional do Trabalho (OIT). 2004. *Construção*. Suíça: OIT.
- Organização Internacional do Trabalho (OIT). 2009. *Guia das Normas Internacionais Do Trabalho*. Suíça: OIT.
- Saurin, T. A. 2005. *Segurança no trabalho e desenvolvimento de produto: diretrizes para integração na construção civil*. Revista produção, v. 15, n. 1, p. 127-141, jan./abr.
- Torreira, R. P. 1999. *Manual de segurança industrial*. São Paulo: MCT.
- Agência Europeia para a Segurança e a Saúde no Trabalho (AESST). 2003. *Prevenção de acidentes no sector da construção*. Bilbao: AESST.



Proposición y potencial sostenible del Vídeo Poster Científico

Miguel Angel Tobias Martinez

University of Granada, Scholarship holder: Fundación Carolina y SRE-México, Granada – Spain
angeltobias@gmail.com

Maria do Carmo Duarte Freitas

Federal University of Paraná, Information Science and Management Department, Curitiba, Brazil
mcf@ufpr.br

Avanilde Kemczinski

Santa Catarina State University, Scholarship CAPES Process. Nº BEX 2539/15-2, Joinville – Brazil
avanilde.kemczinski@udesc.br

Francisco Daniel Costa

Federal University of Paraná, Group of Investigation and Science, Information and Technology, Curitiba, Brazil
franciscocosta@gmail.com

Lívia Regina Nogueira dos Santos

Federal University of Paraná, Group of Investigation and Science, Information and Technology, Curitiba, Brazil
liviareginasantos@gmail.com

RESUMEN: Esta investigación trata de exponer las experiencias y los resultados de dos eventos científicos en los que se aplicó el formato de vídeo como medio de divulgación científica -, llamado en esta investigación como "Video Póster", que se trata de presentar la investigación por medio de un vídeo y de permitir que los participantes acceder a las conferencias al mismo tiempo, durante y después de esos eventos. (FREITAS, SCHIMID, TAVARES, 2014). El objetivo es describir este proceso, el uso de videos y estrategia que se puede aplicar para ser reutilizado. Este es un recuento de la experiencia del uso propuesto "Video Poster" en ambos eventos y la aplicación de una técnica de observación de los videos disponibles en Youtube® sobre la reutilización potencial social y educativo. El potencial es brecha en relación con el evento: Antes - Repensar la mejor manera de presentar sus ideas y generar un producto de la enseñanza (multimedia); Durante - Más tiempo para el debate y proporciona una oportunidad para difundir la investigación: y Después - Revelar la forma de diseminar sus investigaciones, se convierten en un material de uso en cursos presenciales (lección racionalización con contenido científico) o ser parte de un contenido utilizado en Massive Curso en Línea Abierta (MOOCs) y Divulgación de la Ciencia - propagar la idea de una investigación científica.

Keywords: MOOCs, OER, Video Poster, sostenible.

INTRODUCCIÓN

El siglo XXI ha estimulado mundialmente la creación de redes de colaboración así como también federadas para el fomento de la investigación y uso de las tecnologías entre las universidades y centros de estudio. De acuerdo con Dillenbourg et al (2009) la colaboración tiene un papel importante en la construcción del conocimiento ya que el aprendizaje colaborativo describe una variedad de prácticas educativas en que las interacciones entre los participantes constituyen un factor importante en el aprendizaje.

La introducción de tecnologías que facilitan la educación online trajeron consigo un amplio espectro de posibilidades para facilitar el acceso a una educación de calidad, sabiendo que el acceso a una educación de calidad es un derecho universal (Teixeira et all., 2015). Asimismo, el intercambio de información en una sociedad en vías de desarrollo favorece la socialización, distribución e incluso el acceso gratuito a contenidos, esto, para generar nuevas formas de conocimiento y desarrollo de diferentes tecnologías, como pueden ser: el uso de la realidad aumentada en clase y la tecnología móvil (Monedero, Cebrían y Desene, 2015).

Esta investigación presenta los resultados encontrados acerca del video artículo o video poster centrándose en su uso como medios facilitadores de comprensión de contenido de carácter educativo o bien, de investigación. Incentivada por la evidencia de cuatro criterios de interés debido a su impacto en la sociedad, criterios que en el análisis de la literatura se infiere que son los orígenes de esta investigación: desarrollo acelerado de las Tecnologías de la Información - TIC; proliferación de la Tecnología de Vídeo; colaboración en la Educación, en este último, en relación a la falta de análisis de cómo el Profesional usa la tecnología de vídeo como recurso educativo y de divulgación; y falta de investigación en cuanto al diseño del video artículo o video poster así como la evaluación del mismo.

En cuanto a la falta de discusión y diseminación entre la comunidad científica, se analizó la colaboración de experiencias en el aprovechamiento de los recursos educativos, enfocándose en el video como Recurso Educativo de un congreso realizado en el año 2013. Cabe resaltar, que en la sociedad del siglo XXI, la escuela pasa a necesitar la incorporación de recursos tecnológicos y usarlos para la superación de problemas en la práctica pedagógica como también de las relaciones sociales, es por eso que entonces se puede disfrutar de la interactividad proporcionada por la tecnología, con el fin de motivar a profesores y alumnos a seleccionar información y acceder a espacios virtuales, en una perspectiva pedagógica y significativa centrada en la llamada "Cultura del intercambio del conocimiento". El aprender con el uso de herramientas que estimulan la interactividad, es decir, lo lúdico, puede venir por medio de juegos online, en redes de discusión o fórums, con investigaciones virtuales, películas, blog, e-mails, o bien por el acceso a aprendizaje virtual (Almeida & Loureço, 2013).

Esta investigación hace una exposición de experiencias y resultados de un evento científico en el cual se aplicó el formato de vídeo como medio de divulgación científica entre investigadores que ya viven en red de colaboración temática. En este sentido, se nombra en esta investigación al "Video póster" una forma que expone cómo adelantar la ponencia y presentar en vídeo sus ideas. Esto permite exponer las ideas entre los participantes y acceder a las conferencias durante y después de esos acontecimientos. (FREITAS, SCHIMID, TAVARES, 2014).

1. LAS TECNOLOGÍAS Y EL VIDEO EN EL CONTEXTO EDUCATIVO

Las TIC al ser más utilizadas en la educación, permiten, por ejemplo, investigar, hacer previsiones y simulaciones, confirmar ideas previas, experimentar, crear soluciones y construir nuevas formas de representación mental (ZANETTE; NICOLEIT; GIACOMAZZO, 2006). Además pueden auxiliar en el almacenamiento, generación y uso de la información así como del conocimiento. Su uso provoca cambios significativos en el ambiente organizacional. Entre las implicaciones positivas se tienen: la mejoría y aumento de la eficacia e intensidad de la colaboración (GUERRINI e ESCRIVÃO FILHO, 2008).

Estos estudios más recientes presentan múltiples herramientas oriundas de las TIC que auxilian al proceso de enseñanza-aprendizaje y que son clasificados como Recursos Educativos Abiertos REAs (CONOLE et al., 2011; BEETHAM, 2013). Se considera como REAs a los materiales desarrollados para la enseñanza tales como: libros, artículos, transparencias, fotografías, mapas, vídeos, animaciones entre otros, mismos que son registrados bajo licencia de dominio público. Los REAs han sido poco explorados y usados en la enseñanza y al ser analizados contribuyen con experiencias, reflexiones y promueven el aprendizaje en el área del conocimiento al momento de ser aplicados.

El uso de esta tecnología agregada provoca que adultos y niños exploren más el aspecto visual, permitiendo fijar el aprendizaje para llevarlo a través de la vida (ALMEIDA, 2013). Esos recursos pueden ser artículos, libros, imágenes o videos, los cuales facilitan su replicación (compartir) en otros sitios, en algunos casos a partir de la liberación de un código, que puede ser insertado en algún sitio, en algunos casos, de la liberación de un código embebido (*embed code*) para que pueda ser insertado en cualquier sitio el vídeo, o simplemente de un comando de instrucción para compartir (botón) y así pueda ser compartido. Entretanto, la colaboración en el contexto de esta investigación se refiere a las actividades realizadas en sitios web, así como eventos científicos que permiten el intercambio de REAs, basados específicamente en el formato de vídeo, incentiven que las personas del ámbito educativo intercambien ideas sobre el uso y los resultados obtenidos de sus experiencias. La plataforma en cuando a compartir y diseminar videos, la más popular de todas es Youtube®, que pertenece a Google®, misma que recibe más de un billón de accesos al día (AGUSTINI, 2010).

Se han incrementado en la web la creación de los ambientes de aprendizaje online, la distribución de clases y conferencias grabadas para después ser diseminadas como Recursos Educativos (MCAULEY et al., 2010), que tienen un objetivo en común: el intercambio de información y conocimiento.

La oferta de diferentes recursos tecnológicos aplicados para la formación profesional de un individuo para cumplir con su misión de formar las nuevas generaciones que cumplan con la apropiación crítica y creativa del aprendizaje, lo que significa enseñar a aprender, a ser un ciudadano capaz de usar las tecnologías como medios de participación y expresión de sus propias opiniones, saberes y creatividad (BÉVORT; BELLONI, 2009).

La búsqueda por el aprendizaje creativo, interactivo y dinámico es una razón que motiva a los profesores a buscar siempre estrategias didácticas innovadoras con la intención de atraer la atención del estudiante para la vivencia de su propio aprendizaje de un modo atento y lo más próximo posible de su realidad. Por ello, la iniciativa del uso del video como una estrategia de la información, mismo que trabaja con todos los sentidos por el

movimiento, sentimiento, texto y visión (MCINTOSH E VAROGLU, 2005; STEEPLES E JONES, 2001; SANTOS, 2009).

Los espacios de construcción del conocimiento emergieron con las TIC. La escuela ha dejado de tener el papel único de transmisor y diseminador de conocimiento. Ahora, las exigencias personales de conocimiento, atraviesan los muros de las escuelas, de las ciudades y sus fronteras. Así, las escuelas, universidades e instituciones de enseñanza están cambiando su concepción tradicional y están estableciendo conexiones con otros universos de información y abriéndose a otras formas de aprendizaje (CARVALHO, 2005).

En ese caso, la tecnología puede ser considerada como facilitadora de la vida humana, misma que a partir de la aparición del capitalismo comenzó a desarrollarse a un ritmo acelerado. Es posible evidenciar esta afirmación cuando la observamos una sociedad mucho más avanzada y cada vez más tecnológica, inclusive en la educación (RAMOS, 2012). En relación a eso, Mendes (2010) afirma que es importante que los profesores busquen la mejora en lo que se refiere a la utilización y desarrollo de las tecnologías de la información. Y como ejemplos de ese mejoramiento se tiene el uso de videos con enfoque a temas del programa de estudio en el salón de clases. De acuerdo con Gomes (2008) el video es considerado como un medio de comunicación y un medio de enseñanza.

1.1 La importancia del video como Recurso Educativo

En el contexto del video, Rosa (2000) opina que un video es un recurso multimedia posee un papel emocional y por eso mismo puede motivar el aprendizaje de los contenidos que puedan ser presentados por un profesor. Además asegura que al realizar este tipo de actividades se rompe con el ritmo de una clase convencional con la presentación de un recurso audiovisual, alterando así la rutina de clases.

Más adelante Napolitano (2006) muestra la problemática de la adecuación y abordaje del video como recurso pedagógico, pues surge la necesidad de escoger el video considerando las posibilidades técnicas y de organización al momento de la exhibición, la articulación con el contenido, los conceptos discutidos, los objetivos generales y específicos a ser atendidos en la clase. Por lo tanto este autor viene a mostrar la relevancia del análisis fílmico, análisis semiótico (búsqueda de los significados implícitos), en la selección y sistematización de los videos a ser usados en clase. Además discurre en que el uso de este recurso el profesor necesita fijar su atención en la selección y esquematización de escenas que atiendan la temática de la asignatura, el tiempo y el trabajo escolar.

Por otro lado, Santos (2009) presenta el vídeo como una estrategia pedagógica del profesor en la manera de conducir las actividades en función del alumnado y objetivo del tema en el salón de clases.

En este contexto para Ferreira y Pátaro (2010) discuten sobre el uso del video en el salón de clases y presentan propuestas pedagógicas que viabilizan el acceso al conocimiento por medio de un lenguaje audiovisual. Esto parece similar a lo que dice Moran (1995) y Luz et al (2015) que proponen la elaboración de un itinerario con procedimientos didácticos que posibiliten el trabajo con videos, documentos y programas de televisión en el salón de clases. Además de eso, elabora un análisis sobre el uso del video en la educación escolar, que abarca todo el potencial que en sí mismo evidencia por medio del lenguaje audiovisual. Y aún según los autores, el uso del video parte de lo visible y de lo concreto hasta alcanzar

todos los sentidos del ser humano, siendo así, afirman se consigue transmitir y proyectar al espectador diversas realidades.

Es por ello que los videos pueden ser incluidos en el contexto educativo, sin embargo el profesor necesita seleccionarlos, de forma que se adecuen a los propósitos para cada actividad propuesta en el salón de clases. En este aspecto Duso (2009) abunda en que se vuelve necesario reflexionar si el uso del video en clase servirá para la adquisición y diseminación de nuevos conocimientos entre los estudiantes.

Por lo tanto cabe señalar que es de extrema importancia analizar los videos para ser usados como recursos educativos, ya que como se ha estudiado facilitan el proceso de enseñanza-aprendizaje, y de acuerdo con Lucio (2014) los videos son materiales que representan información visual y auditiva, siendo considerados como buenos instrumentos, mismos que promueven la flexibilidad cognitiva y la creación de conocimiento.

1.2 El uso del Video para Divulgación Científica - El Video Artículo

Niemi (2002) y Smith (2005) afirman que el concepto del video artículo se ha desarrollado rápidamente, especialmente dentro del campo de formación y servicio del docente. Con el propósito de ofrecer una presentación multimodal de la literatura profesional, así como la competencia profesional entre los estudiantes, esto ha permitido a los formadores docentes mejorar el puente entre la teoría y la práctica, mostrando que esto puede ser el centro de la crítica de la formación docente en todo el mundo.

Mientras tanto existen otros estudios basados en el uso del video como video artículo, tal es el caso de Cogan-Drew (2009) que trae como primera evidencia la elaboración del software VideoPaper Builder (VPB), mismo que fue financiado hacia el año de 2001 a través de un programa llamado *National Science Foundation* "Construyendo puentes entre la investigación y la práctica", software elaborado con la promesa de articular la relevancia y facilitar la difusión de la investigación educativa para la práctica de los profesores. Pero este programa después de cuatro años tras algunas actualizaciones, el proyecto llegó a su fin. Este autor articula al video artículo como: una herramienta de auto-reflexión en la formación del docente; creador de una visión compartida en clase de profesor – alumno; como un medio de documentación de colaboración en el desarrollo profesional; y como una herramienta de toma de decisiones cuando un alumno participa en la elaboración de un video. Aún asevera que el video artículo genera diversas ideas y significados entre el público y por eso asegura que es el motivo por el cual aún continua atrayendo nuevos autores.

Krumsvik & Smith (2009) introduce ese concepto en la Universidad de Bergen, Noruega, para hacer un intento de reducir la brecha entre la teoría y la práctica entre la formación docente, así como para lograr una mayor competencia digital entre los formadores de docentes. En el caso los videos artículos se introdujeron de varias formas, como una herramienta de reflexión para los formadores de docentes y alumnos en los procesos de desarrollo personal. Lo anterior con el propósito de que los estudiantes de pedagogía documentaran sus experiencias y reflexiones de su experiencia práctica para entrada a su expediente y también fueron incluidos en la lista de lecturas de acceso al curso de postgrado. Para llevar a cabo eso se basaron en los resultados de investigaciones de la misma universidad realizados en 2006/2007, esos estudios (Smith & Krumsvik, 2007) los autores sugieren que sean incluidos los video artículos entre el material de lectura para los

estudiantes candidatos de acceso al postgrado. La idea fue dar a conocer parte de las lecturas del programa de formación docente a través de video artículos, lo que significa que son ofrecidas al estudiante diferentes formas de preparación en línea.

Krumsvik & Smith (2009) concluye su investigación afirmando que los video artículos comienzan una nueva era en cuanto a la integración de la teoría y práctica en la formación de docentes. Aseguran también que el pensamiento y las implementaciones piloto son innovadoras siendo acompañadas de una cuidadosa investigación, lo que es esencial para que el video artículo forme un papel importante en la formación del profesorado, preparando a los docentes para una escuela del hoy y el mañana digitalizado.

Otra investigación acerca del video artículo (Hauge & Norenes, 2009) trata de demostrar las posibilidades del video artículo para apoyar en el desarrollo profesional de los docentes en un entorno de trabajo, en este estudio el video artículo se usa como una herramienta para reflejar y analizar las prácticas de los maestros. Los autores señalan al video artículo en sus resultados como cambios en cuanto a los enfoques conceptuales de los docentes para el proceso enseñanza-aprendizaje, así como la relevancia del apoyo potenciado por la tecnología para el desarrollo profesional. Señalan además que su estudio contribuye a la comprensión de la complejidad del puente entre las prácticas, diseño social y tecnología para el desarrollo del profesorado así como el desarrollo de comunidades de aprendizaje. Cabe señalar que dentro de sus conclusiones exponen que en una actividad de perspectiva teórica, el uso del video artículo tanto a nivel individual como colectivo desencadenó tanto discusiones analíticas de colaboración como de diseño para la enseñanza – aprendizaje. Sin embargo, el proyecto terminó sin ningún tipo de decisiones claras y terminan dando consejos para futuras investigaciones en el área.

Las investigaciones anteriormente estudiadas y expuestas debaten en su mayoría el uso del video artículo como apoyo para la formación de docentes o bien como un recurso entre la teoría y la práctica. En la literatura estudiada pueden citarse otros estudios que tratan estudios semejantes como: Videopapers como una herramienta para la reflexión sobre la práctica en la formación inicial del profesorado (Lazarus & Olivero, 2009); Ver es creer: el uso de videopapers para transformar el conocimiento y la práctica profesional de los docentes (Olivero, John, & Sutherland, 2004); Uso de videopapers para comunicar y reflejar la práctica en programas de postgrado en educación (Lazarus & Olivero, 2009); y Videopapers y la aparición de perspectivas de análisis sobre las prácticas de enseñanza (Säljö, 2009).

2. PROCEDIMIENTO METODOLOGICO

Esta investigación se deriva en dos etapas metodológicas: una referente a la investigación sobre el uso del video aplicado a la educación, en su aspecto de diseminación de nuevos conocimientos y la siguiente donde se presenta un relato de caso en el cual el video es presentado como una nueva propuesta de presentar investigaciones en un evento científico que tuvo características de sustentabilidad – termino originado del latín “sustentare” que significa apoyar, sustentar y conservar. Es hacer uso de prácticas, actitudes, estrategias y tener una mentalidad ecológica. El evento en estudio se realizó en aras de preservar los recursos naturales actuales para las futuras generaciones, buscando viabilidad económica y social.

La dinámica de envío de los trabajos científicos son aceptados para ponencia en formato *full paper* – presentación en sesión técnica – o póster – presentación que tradicionalmente se realiza en formato de cartel impreso en papelón, plástico o tejido. Cualquiera que sea el formato de impresión, existe consumo de recursos de la naturaleza con impacto ambiental debido al material y la tinta del impreso final.

3. ELECS2013 – RELATO DE CASO

Todos los autores que tuvieron sus *full papers* o posters aprobados en el Encuentro Latinoamericano de Edificaciones y Comunidades Sustentables – ELECS 2013 – fueron invitados a que hicieran sus presentaciones en formato de video artículo. A partir de una guía propuesta cada autor iniciaba las etapas de construcción de su video que pasó por revisión por un comité de evaluación. El estímulo dado partía de la idea de pensar en que la presentación antes del evento, reduciría los trabajos hechos a última hora, teniendo la oportunidad de acceder a ellos en el aeropuerto en la espera del avión. Todo seguido de la idea que al anticipar la información a través del video, se estaba estimulado la creatividad y reduciendo el tiempo de cada ponencia para tres minutos, con el propósito de aumentar el tiempo de debate en las sesiones técnicas.

Una vez aprobados los videos fueron agrupados siguiendo las temáticas del evento, organizados y poniéndolos a disposición en el canal oficial del evento en YouTube®. La diseminación de las investigaciones en la plataforma de YouTube® permitió el link para la continuidad de la investigación transformando el video poster para uso como un Recurso Educativo Abierto (REA), estructurados en el área llamada “Proceedings” de la Plataforma de colaboración desarrollada, la cual lleva el nombre de RECIF – Recuperación de Contenido de Información en Videos, disponible en <http://www.recif-ufpr.net/base-de-videos>.

Projeto RECIF | Vídeo-REAs

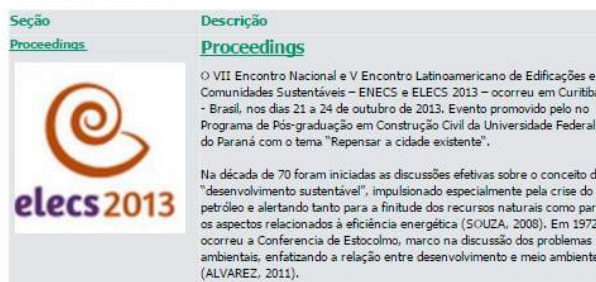
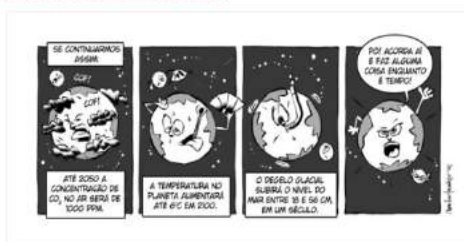


Figura 1 – Plataforma do RECIF™. Fuente: Grupo de Pesquisa em Ciência, Informação e Tecnologia, 2014.

La experiencia en el formato en el formato como Cursos en Linea Masivos y Abiertos (MOOC) ocurrió en noviembre de 2014 – se realizó el primer curso sobre sustentabilidad totalmente abierto y haciendo reuso del vídeo póster, disponible en <http://www.recif-ufpr.net/cursos/sustentabilidade/> (Figura 2).

Sustentabilidade: Sabe o que é?



Neste curso, os conceitos básicos relacionados com a sustentabilidade e também as suas relações com a sociedade serão discutidos.

A partir desta perspectiva, a própria classe é dividida em 3 módulos, nos quais o seguinte conteúdo foi inserido:

- Módulo 1: A construção sustentável
- Módulo 2: Repensar o futuro é necessário
- Módulo 3: As cidades mais sustentáveis

Até o final do curso, você será capaz de:

*Reconhecer os mais importantes fatos e conceitos sobre sustentabilidade;

*Ampliar as possibilidades de mudança no ambiente envolvido;

Pensar sobre posturas e responsabilidades da cidade em respeito ao meio ambiente

Figura 2 – MOOC – Reuso de vídeo pôster ELECS2013. Fuente: Grupo de Pesquisa em Ciência, Informação e Tecnologia, 2014.

Los conceptos presentados tienen, hasta esta fecha obtenido resultados positivos y tendencia a ser aceptados por la comunidad científica. La diseminación de esa propuesta tiene a ser aceptada y las actividades desarrolladas y discutidas deben facilitar la diseminación y concientización de la comunidad, en particular de los autores que conocen y adoptan el acceso abierto. Se tiende a cambiar las bases de la oferta de productos de información junto a los órganos de fomento – público o privado – incluyendo la posibilidad de financiar el video poster científico.

4. CONCLUSIONES

Este trabajo abordó la administración del evento ELECS 2013, con su propuesta de innovación y las ideas de sustentabilidad defendidas en las acciones del evento. Describe las actividades propuestas, con sus conceptos que visualizan diseminar la sustentabilidad basada en la tecnología de información y en el concepto de Acceso Abierto. Fueron detalladas las orientaciones que se hicieron necesarias en la primera fase del desarrollo de las ideas, en especial del video poster.

La propuesta del video poster ya tiene adjunta la idea de sustentabilidad. Hacer uso del video en eventos científicos exige del investigador que se coloque en el papel del aprendiz para la elaboración del recurso video-gráfico. Una de las formas que se tienen de trabajar con el video poster requiere la observación de diferentes videos referentes a los temas de la investigación. Trabajar en este ambiente mediatizado, en que todo gira en torno de la tecnología que rápidamente se torna obsoleta, requiere del investigador aprender nuevamente día a día cuando se dispone a utilizar recursos tecnológicos. Los docentes participantes del evento fueron desafiados y algunos relataron por correo electrónico que no consideran necesario e importante adoptar esos medios para diseminar la información. Desprecian que se tenga conocimiento en el uso de herramientas tecnológicas para adoptar estrategias mediáticas. En cuanto a esto, jóvenes investigadores percibieron la necesidad de conocer las diferentes tecnologías que posibilitan el desarrollar la idea.

La introducción de medios digitales en el ambiente de los eventos científicos, actuando en el proceso de construcción de conocimiento, alcanza sus objetivos mediante el uso de

recursos tecnológicos. Por tanto se hace necesario, además de un método de uso y del conocimiento acerca de estos recursos, que la institución incentive el uso de medios digitales en los eventos y se ofrezca soporte para que el docente conozca este recurso y lo utilice con todo su potencial.

El uso de audiovisuales en eventos requiere un tratamiento especial de parte de los investigadores. El contenido informacional es transmitido en forma de imágenes y sonidos. Es necesario trabajar ese contenido y diseminar dentro de los objetivos que se proponen. A cada nueva propuesta de uso y reúso del material contenido informacional (artículos) y material mediático (video poster) ha actuado haciendo que el marketing científico digital del evento, de la investigación y de los autores. Hecho que valora el esfuerzo del investigador en la etapa posterior del evento.

El ambiente de un evento científico es propicio al debate y a intercambio de conocimientos y experiencias comunes. En este caso, nos resguardamos con la credibilidad y la confiabilidad adquiridas por medio de la revisión metodológica y estructural del producto propuesto que requiere la realización por terceros.

Todo lo anteriormente expuesto pide el correcto registro de las experiencias para futuras realizaciones, principalmente en el caso de la periodicidad bianual, con propuesta de inserción de medios digitales hasta entonces no usados en eventos de este porte.

Con lo anteriormente mencionado surge la hipótesis de que existen diversos tipos de tecnologías que se adecuan para el auxilio del perfil de los profesionales de la educación o bien investigadores, mismos que a partir del siglo XXI, están más acostumbrados al plug & play, recursos interactivos e interfaces con entorno visual más sencillo. Por lo que se propone en esta investigación al video artículo o poster como medio facilitador, de diseminación de la ciencia y el aprendizaje. Esto conjuntamente relacionado con el inminente crecimiento y aparición del video en diversos dispositivos.

Dicho lo anterior podemos entonces relacionar los antecedentes de la siguiente manera: al estar inmersos en un mundo globalizado de constantes cambios tecnológicos, la escuela debe estar preparada con los recursos que sean efectivos en cuanto a motivación de este nuevo perfil tanto de alumnos como de posibles nuevos investigadores.

REFERENCIAS

- ALMEIDA, A. C. P. D. Produção de vídeos em sala de aula: uma proposta de uso pedagógico de celulares e câmeras digitais. # Tear: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia, v. 2, n. 1, 2013.
- AGUSTINI, G. Compartilhamento de vídeo. Guia do Vídeo Online. Disponible en: <<http://culturadigital.br/videononline/2010/03/01/compartilhamento-de-video/>>. Acceso en: 14-03-2016
- BEETHAM, H.; SHARPE, R. Rethinking pedagogy for a digital age: Designing for 21st century learning. Routledge, 2013.
- CARVALHO, A.A.A. Indicadores de qualidade de sites educativos. Cadernos SACAUSEF: Sistema de Avaliação, Certificação e Apoio à Utilização de Software para a Educação e a Formação. Ministério da Educação, v. 2, p. 55-78, 2005.
- COGAN-DREW, D. (2009). VideoPaper in context: case reports from the field. TECHNOLOGY PEDAGOGY AND EDUCATION, 18(3, SI), 299-313. <http://doi.org/10.1080/14759390903255585>
- CONOLE, G.; MCANDREW, P.; DIMITRIADIS, Y. The role of CSCL pedagogical patterns as mediating artefacts for repurposing Open Educational Resources. Techniques for fostering collaboration in online learning communities: theoretical and practical perspectives, p. 206-223, 2011.

- DILLENBOURG, P., JÄRVELÄ, S. & FISCHER, F. (2009). The evolution of research on computer-supported collaborative learning. In *Technology-Enhanced Learning* (pp. 3-19). Springer Netherlands.
- DUSO, L. Uso de ambiente virtual de aprendizagem de temas transversais no ensino de ciências. *Revista Brasileira de Educação Científica e Tecnológica*, Porto Alegre, v. 2, n. 3, 2009.
- FERREIRA, E. K., & PÁTARO, C. S. D. O. O. (2010). O CINEMA COMO RECURSO DIDÁTICO E PEDAGÓGICO NA EDUCAÇÃO DOS JOVENS. *Encontro de Produção Científica e Tecnológica*. NUPEM, FECILCAM, PR.
- GOMES, L. F. Vídeos didáticos: uma proposta de critérios para análise. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, v. 89, n. 223, p. 477-492, 2008.
- GUERRINI, F. M.; ESCRIVÃO FILHO, E. *Gestão e organização na era da informação*. São Carlos: SEP-EESC-USP, 2008.
- HAUGE, T. E., & NORENES, S. O. (2009). Changing teamwork practices: videopaper as a mediating means for teacher professional development. *TECHNOLOGY PEDAGOGY AND EDUCATION*, 18(3, SI), 279-297. <http://doi.org/10.1080/14759390903255551>
- KRUMSVIK, R., & SMITH, K. (2009). Videopapers - an attempt to narrow the notorious gap between theory and practice in teacher education. *TECHNOLOGY PEDAGOGY AND EDUCATION*, 18(3, SI), 269-278. <http://doi.org/10.1080/14759390903255544>
- LUZ, L. J., DA SILVA, A. T., & BEZERRA, M. L. D. M. B. (2015, October). ANÁLISE DE VÍDEOS E ANIMAÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS. In *Anais do Congresso de Inovação Pedagógica em Arapiraca* (Vol. 1, No. 1).
- LAZARUS, E., & OLIVERO, F. (2009). Videopapers as a tool for reflection on practice in initial teacher education. *Technology, Pedagogy and Education*, 18(3), 255-267. <http://doi.org/10.1080/14759390903255528>
- MCAULEY, A.; STEWART, B.; SIEMENS, G.; Cormier, D. *The MOOC for digital online courses: digital ways of knowing and learning*. 2010. Disponível em: <http://www.edukwest.com/wp-content/uploads/2011/07/MOOC_Final.pdf>. Acesso em: 10-06-2014.
- MCINTOSH, C.; VAROGLU, Z. *Perspectives on distance education lifelong learning and distance higher education*. British Columbia: Commonwealth of Learning, 2005.
- MENDES, M. A. A. *Produção e utilização de animações e vídeos no ensino de biologia celular para a primeira série do ensino médio*. 103 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) - Universidade de Brasília, Brasília, 2010.
- MONEDERO-MOYA, J.-J., CEBRIÁN-ROBLES, D., & DESENNE, P. (2015). Usability and {Satisfaction} in {Multimedia} {Annotation} {Tools} for {MOOCs}. *Comunicar*, 22(44), 55-62. <http://doi.org/10.3916/C44-2015-06>
- MORAN, J. M. O Vídeo na Sala de Aula. *Revista Comunicação & Educação*. p. 27 - 35, 1995.
- NAPOLITANO, M. *Como usar o cinema na sala de aula*. 4. Ed. São Paulo: Contexto, 2006.
- OLIVERO, F., JOHN, P., & SUTHERLAND, R. (2004). Seeing is believing: using videopapers to transform teachers' professional knowledge and practice. *Cambridge Journal of Education*, 34(2), 179-191. <http://doi.org/10.1080/03057640410001700552>
- OLIVERO, F., & LAZARUS, E. (2009). Using videopapers to communicate and represent practice in postgraduate education programmers. In Krumsvik, R (Ed.), *Learning in the Network Society And The Digitized School* (pp. 153-172). 400 OSER AVE, STE 1600, HAUPPAUGE, NY 11788-3635 USA: NOVA SCIENCE PUBLISHERS, INC.
- RAMOS, M. R. V. O Uso de Tecnologias em Sala de Aula. *Revista eletrônica: LENPESPIBID de Ciências Sociais-UEL*. Edição Nº. 2, v. 1, 2012.
- ROSA, P.R.S. O uso dos recursos audiovisuais e o ensino de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 17, n. 1, p. 33-49, 2000.
- SÄLJÖ, R. (2009). Videopapers and the emergence of analytical perspectives on teaching practices. *Technology, Pedagogy and Education*, 18(3), 315-323. <http://doi.org/10.1080/14759390903255593>
- SANTOS, L.R.N. *Proposta de modelagem para recuperação de conteúdo informacional em filmes*. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Gestão da Informação). Curitiba: UFPR, 2009.
- SMITH, K. (2005). Teacher educators' professional knowledge - How does it differ from teachers' professional knowledge? *Teaching and Teacher Education*, 21, 177-192.
- SMITH, K., & KRUMSVIK, R. (2007, August). Video-papers - A means for documenting practitioners' professional development. Paper presented at the biannual EARLI conference in Budapest, Hungary.
- STEEPLES, C., JONES, C., E GOODYEAR, P. *Beyond e-learning: A future for networked learning* (pp. 323-341). Springer London. 2002
- TEIXEIRA, A., MOTA, J., MORGADO, L., & SPILKER, M. (2015). iMOOC: Um Modelo Pedagógico Institucional para Cursos Abertos Massivos Online (MOOCs). *Educação, Formação & Tecnologias-ISSN 1646-933X*, 8(1), 4-12.
- ZANETTE, E. N., NICOLEIT, E. R., & NICOLEIT, G. F. G. (2006). A produção do material didático no contexto cooperativo e colaborativo da disciplina de Cálculo Diferencial e Integral I, na modalidade de Educação a Distância, na Graduação. *RENTE*, 4(1).



Centro Sociocultural da Vila Planalto em Brasília: participação comunitária no projeto visando as dimensões da sustentabilidade, ambiental, social, econômica e cultural

Débora De Boni Lima

University of Brasilia, Architect and Urbanist, Brazil
deboradeboni@gmail.com

Liza Maria Souza de Andrade

University of Brasília, Research Group Water and Urban Environment, Brazil
lizamsa@gmail.com

ABSTRACT: This article aims to demonstrate the development process for a more sustainable participatory project of Sociocultural Centre of Vila Planalto, a periphery settlement located in the heart of the Pilot Plan of Brasilia, detached from modernist morphology, which had arose as a temporary lodge of workers. Its development was possible due to its inhabitants struggle for fixation. As far as methodology is concerned, four major dimensions of sustainability of Sachs (2012) have guided the design of the project: environmental, economic, social and cultural that have been carefully systematized in the form of spatial patterns and events, based on the particular characteristics of the place and Alexander et al (1997). In the field of social sustainability, community participation methods were used creating alternative solutions before final definitions and to answer that old demand of population. In Cultural sustainability sphere, we tried to get the local identity through historical reports from population. In the economic and environmental scope it was intended to value the bioclimatic factors and more cost-effective building systems, less impactful on life cycle analysis and on waste treatment, as well as promote the use of alternative energy and food production. In urban areas, an opening and floor extension invite us to the use of the local street as a cultural and leisure space, however there are railings and high walls on the way. Community engagement enables the future construction of the center with local resources and manpower as well as new partnerships. As main result, we have a sustainable project.

Keywords *sustainable dimensions, participatory project, Vila Planalto, Spatial patterns Sociocultural Centre.*

1. INTRODUÇÃO

A Vila Planalto é um bairro exceção de Brasília. Está localizada no centro do poder nacional, entre a Esplanada dos Ministérios, o Palácio da Alvorada e o Setor de Clubes Norte (Fig. 01). Surgiu como acampamento na década de 1950, para abrigar os operários da construção civil que ergueriam a nova capital. Nasceu de um projeto, mas foi se desenvolvendo de forma espontânea. Com o passar dos anos e das lutas populares, alcançou a legitimidade e tornou-se um testemunho histórico e um contraponto à rigidez do desenho do Plano Piloto.



Figura 1 - Localização da Vila Planalto - Distrito Federal. Lima D.B., 2015.

A motivação para o estudo de vilas surgiu da observação da relação das pessoas com seus espaços e a possibilidade de intervenção a partir do reconhecimento das particularidades que as identifica como comunidade. Essas relações permeiam as discussões no campo do patrimônio e do urbanismo contemporâneo. A identificação das demandas apontadas pela própria comunidade propiciou o ponto de partida para o desenvolvimento deste projeto, sendo a Vila Planalto, de particular interesse, cujo local reuniu fatores importantes: organizações sociais, demandas comunitárias e fatos históricos relevantes. Além disso, a escala urbana com características de bairro, permite um estudo mais aproximado e detalhado do objeto escolhido como tema.

A permanência da Vila Planalto dentro da poligonal tombada de Brasília foi possível graças às questões rígidas de legislação urbanísticas, incluindo a questão do tombamento, que lhe foram impostas, a fim de garantir os direitos dos chamados pioneiros de continuarem em suas residências. Entretanto, a Vila está sofrendo um processo gradual de *gentrificação*, devido ao comércio local e à apropriação dos espaços por parte de um público externo. A ausência do Estado em relação aos jovens também é uma preocupação atual. As instituições que oferecem esportes, artes, reforço escolar, na Vila estão fechando gradativamente por falta de infraestrutura e deterioração do patrimônio. Além da degradação, outro fato relevante é a descaracterização da vila comparada a suas características originais, com uma profunda alteração na composição dos materiais das casas, do asfaltamento de ruas e da diminuição na arborização.

É importante destacar que, apesar de reconhecer a importância patrimonial para a fixação da Vila Planalto, a comunidade não compreende que essa questão ainda é relevante nos dias de hoje, considerando as limitações impostas um problema para o desenvolvimento daquele bairro. Portanto, o projeto do Centro Sociocultural da Vila Planalto tem por objetivo reforçar a importância da memória cultural da vila, criar um ambiente para troca de saberes e relações sociais e propiciar um espaço para atividades de educação ambiental, tendo o ambiente construído como ferramenta de educação. Assim, pretende-se demonstrar neste artigo o processo de desenvolvimento do projeto participativo mais sustentável do Centro Sociocultural da Vila Planalto

1.1 Questão patrimonial e ambiental

A Vila Planalto foi tombada pelo Decreto nº 11.079, em 21 de abril de 1988, devido à sua importância histórica no processo de ocupação da capital, sendo um dos testemunhos da época da construção de Brasília (Decreto 11.079, 1988). Dentro do núcleo urbano, é possível identificar quatro acampamentos remanescentes que possuem características diferentes, devido à estratificação social que existia. O objetivo do tombamento não foi apenas a preservação do traçado dos acampamentos e da forma das edificações, mas foi um instrumento que garantiria a fixação dos moradores no local, pois boa parte já havia sido transferida, para as chamadas cidades satélites (Seduma, 2008).

Apesar da legislação resguardar as características dos assentamentos originais, a Vila Planalto passou por um processo intenso de modificações morfológicas e ambientais. Primeiramente, após anos de reivindicações a infraestrutura do núcleo urbano foi melhorada, algumas vezes pelos próprios moradores; em segundo lugar, o perfil dos habitantes sofreu mudanças e houve aumento do poder aquisitivo, o que provocou reformas nas casas originais em madeira para casas em alvenaria, a construção de outros pavimentos, o aumento das áreas construídas nos lotes (e conseqüente adensamento), a elevação de muros altos em alvenaria que formam uma barreira visual às casas, a ocupação de lotes vazios, por falta de fiscalização ou convivência dos fiscais e por fim, a diminuição da massa arbórea original, conseqüência desses fatores.

Neste sentido, houve uma preocupação quanto ao resgate das características ambientais e patrimoniais - quatro grandes dimensões da sustentabilidade de Sachs (2012) guiaram a concepção do projeto: ambiental, econômica, social e cultural que foram sistematizados na forma de padrões espaciais e de acontecimentos, com características particulares do lugar, baseados em Alexander et al (1997) e Andrade (2014).

2. REFERENCIAL TEÓRICO E METODOLOGIA

2.1 Padrões espaciais e de acontecimento aplicados ao projeto

No livro *A Cidade não é uma árvore*, Christopher Alexander (Alexander 1965, apud Almada, 2007) descreve as cidades como sistemas complexos formados por outros sistemas menores. Esses sistemas menores são formados por partes e podem ser entendidas como unidades que, se combinadas, formam uma árvore (esquema abstrato) ou diagrama: os sistemas. Essas partes naturalmente se sobrepõem e interagem formando, na totalidade, a imagem da cidade. Alexander critica o planejamento das cidades modernas, que apesar de serem estruturadas em sistemas de árvores, isolam as atividades em zona, ao contrário do

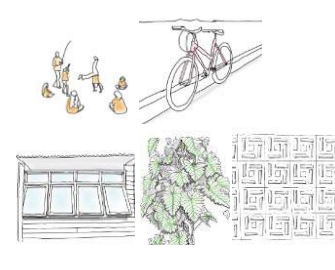

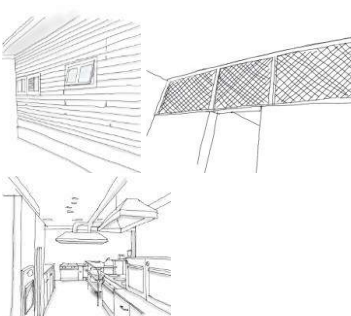



que ocorre nas cidades chamadas *naturais* (Alexander 1965, apud Almada, 2007). Como se as partes da cidade moderna fossem sistematizadas separadamente. De acordo com Andrade (2014), ele faz uma crítica ao urbanismo planejado, como os planos diretores, e defende que o plano de desenvolvimento para determinado local precisa conectar-se à estrutura imediata bem como àquela mais abrangente de sua vizinhança. Ou seja, os contextos regional e local devem influenciar as tomadas de decisões.

A partir das observações e do uso de modelos matemáticos complexos baseados na teoria dos conjuntos e na teoria dos grafos, Christopher Alexander (Barros 2008, apud Andrade 2014) desenvolve um estudo sobre as combinações que fazem a ligação entre requisitos e formas, tornando-se uma poderosa ferramenta no processo de projeção sobre as mais diversas variáveis (dos mais simples aos mais complexos objetos). Trata-se de um estudo do processo de *design* que permite criar artefatos (físicos), os quais criam nova ordem, organização, forma, em resposta à função, visto que a finalidade do *design* é a forma (Andrade, 2014). Essas combinações foram chamadas, posteriormente de *patterns* ou padrões e servem de parâmetros para o desenho e a construção. Cada padrão descreve um problema que ocorre repetidamente dentro de nossas cidades (em maior ou menor escala), e explica uma possível solução, de maneira que essa solução possa ser utilizada de várias formas diferentes. Portanto, um padrão não é um modelo a ser repetido. Um conjunto de padrões determina uma comunidade viva que terá sua própria linguagem de padrões. Eles não devem ser usados isoladamente, mas em uma combinação de padrões que se completam: um maior que completa um menor, formando uma totalidade. O método de padrões de Alexander (1997) serviu como base para a criação de outros padrões. É importante ressaltar que este trabalho consiste na observação padrões emergentes da própria Vila Planalto.

Para o estudo de padrões, em um primeiro momento, procurou-se analisar a necessidade dos moradores, por meio de uma reunião com líderes comunitários. Nessa reunião, foi apontada a carência de atividades complementares oferecidas a jovens e adultos em geral. No bairro, poucos locais possuem infraestrutura e recursos para o desenvolvimento de atividades, como reforço escolar, esportes diversificados, cursos profissionalizantes, reuniões e educação para adultos. Boa parte dos locais disponíveis são tombados pelo Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (Iphan) e estão em más condições de uso. Além da limitação dos parâmetros de preservação, existe a limitação de recursos para a restauração das instalações, que deve ser realizada pelo governo local.

Dentro das dimensões social e cultural, o levantamento das características sociais do lugar foi realizado, por meio de abordagem da população local para identificação dos locais produtores de cultura e educação. A partir das características levantadas, foi possível o reconhecimento de padrões arquitetônicos emergentes (características das edificações do bairro) e de acontecimento (atividades realizadas nesses locais) e posterior aplicação em projeto.

Tabela 1. Resumo das características morfológicas e socioculturais encontradas nos pontos de cultura bem como o patrimônio imaterial das festas típicas da vila, que foram transformados em padrões emergentes.

Equipamento Cultural/Educacional	Atividades	Exemplos de padrões morfológicos e sociais gerados
<p>Parque de Ação Pastoral (P.A.P)</p> <p>Padrões principais: Atividades em grupo, Uso da bicicleta, cisterna, plantas ornamentais, elementos em madeira, cobogó.</p>	<p>Encontros de ação pastoral, aulas de teatro, capoeira, artes marciais, canto, aulas de inglês.</p>	
<p>Casa de Acolhimento AMPARE</p> <p>Padrões principais: Atividades ao ar livre, Corredores iluminados, cisterna, horta urbana, árvores frutíferas.</p>	<p>Funciona como lar para pessoas com necessidades especiais (casa de acolhimento) de faixa etária entre 10 e 28 anos; a casa é mantida por meio de doações.</p>	
<p>Casa Kolping (desativada)</p> <p>Padrões principais: Atividades ao ar livre, cozinha fachadas em madeira, ventilação entre os cômodos.</p>	<p>Tinha por objetivo a integração social por meio de atividades inclusivas e formação profissional. Já contou com uma cozinha alternativa que produzia almoços. (com forno para 4500 pães). Havia alfabetização para adultos, bazares, informática, horta comunitária, capoeira</p>	
<p>Creche Pioneira da Vila Planalto</p> <p>Padrões principais: Pequenos locais para refeição, atividades ao ar livre, prática de atividades artísticas.</p>	<p>Atividades: educação infantil (nível escolar) para crianças de 1 a 4 anos em período integral e atividades relacionadas, além de projetos estendidos para as famílias dos alunos. Bazares e almoços beneficentes (para arrecadação de fundos). Festa junina da creche.</p>	
<p>Associação dos Idosos Renascer da Vila Planalto</p> <p>Padrões principais: Produção de artesanato, atividades em grupo, sala administrativa, locais pequenos para reuniões.</p>	<p>Atividades: Oficinas de artesanato para os idosos, almoços beneficentes, reuniões burocráticas da associação, roda de terapia comunitária e bazares. Na época do carnaval, funciona como barracão da escola de samba da Vila.</p>	
<p>Festas típicas da Vila Planalto (patrimônio imaterial)</p> <p>Padrões principais: atividades em grupo.</p>	<p>Manifestações: Escola de samba e bloco de carnaval, tecido contando a história da Vila Planalto, Festa Junina, Banho de lama, queima do Judas, almoços comunitários, serenata das mães.</p>	

Nota - Desenhos de Lima, D. B. 2015.

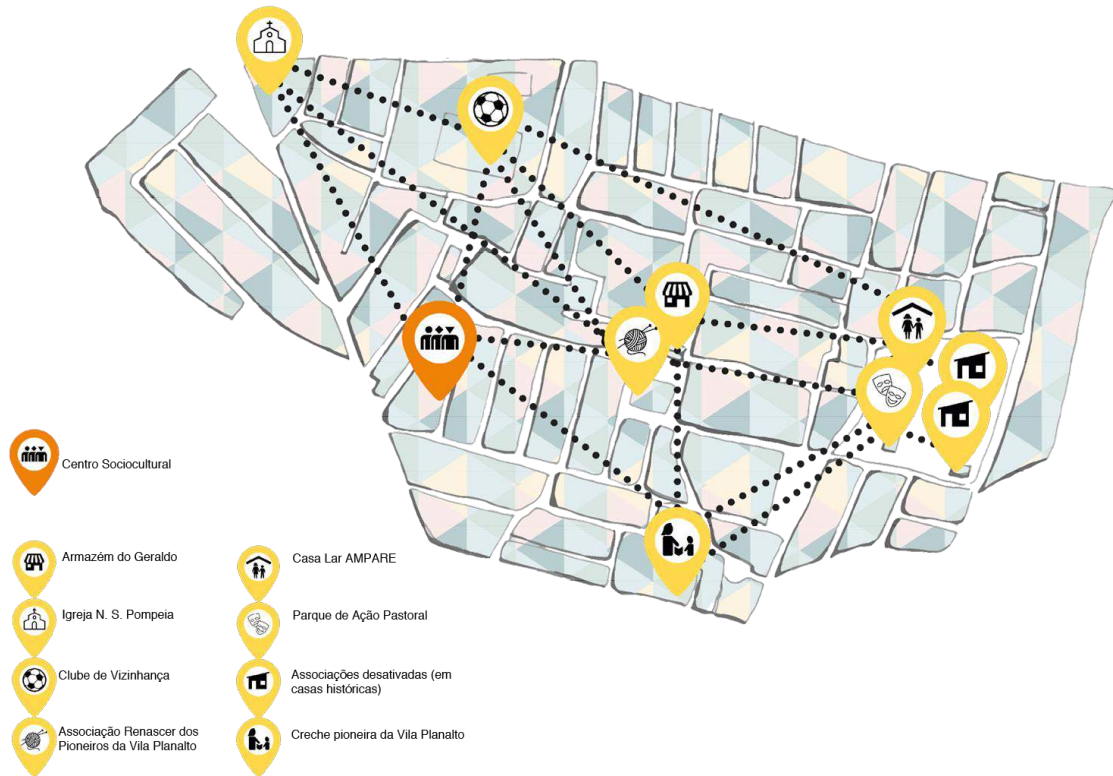


Figura 2 - Mapeamento sociocultural da Vila Planalto - DF. Lima D.B., 2015.

2.2 Participação comunitária

De acordo com o Laboratório Nacional de Engenharia Civil de Portugal (LNECP, 2013), entende-se por participação comunitária o envolvimento das comunidades nas tomadas de decisão que lhes dizem respeito ou que afetam o seu desenvolvimento futuro. Um processo de participação comunitária promove o «empoderamento» (*empowerment*) dos indivíduos envolvidos, bem como o aumento dos níveis de cooperação e de controle por parte dos membros da comunidade sem os hierarquizar. A estruturação do processo participativo foi feita com base no relatório do LNECP (2013), buscando: (a) aproximação com a comunidade; (b) o entendimento do problema; (c) o desenvolvimento de diretrizes por meio da discussão e escolha dos padrões; (d) apresentação de propostas e escolha da mais adequada; (e) apresentação do produto:

- (a) APROXIMAÇÃO: os primeiros contatos com a comunidade ocorreram a partir da demanda de reforma do Clube de Vizinhança da Vila Planalto, relatada por um comerciante. Buscou-se então, o aval da comunidade e após uma consulta mais aprofundada, concluiu-se que o clube era utilizado por uma parcela mais restrita da população. Outras demandas foram propostas e a carência por espaços onde fossem realizadas atividades socioculturais e reuniões foi a mais reivindicada;
- (b) ENTENDIMENTO DO PROBLEMA: o processo participativo propriamente dito foi introduzido à comunidade por meio de reuniões com as lideranças locais. As reuniões comunitárias já são frequentes no bairro, pois as organizações de vizinhança são consolidadas naquele local. O primeiro objetivo dessas reuniões era de ratificar a demanda social e decidir onde seria o projeto. O segundo objetivo era de introduzir a metodologia

de padrões (Alexander et. al 1997) para que os participantes tivessem a liberdade de escolher os elementos do projeto e perceber as características físicas da Vila Planalto que os identificava afetivamente;

- (c) DESENVOLVIMENTO DE DIRETRIZES POR MEIO DA ESCOLHA DE PADRÕES: o desenvolvimento de diretrizes de projeto ocorreu por meio do desenvolvimento desses padrões de acontecimento (sociais) e padrões morfológicos, observados na vila e baseados na metodologia de Alexander (et. al 1997) já explicitada no item 2.1;
- (d) APRESENTAÇÃO DE PROPOSTAS E ESCOLHA DA MAIS ADEQUADA: a terceira reunião teve por objetivo a realização de duas etapas. Na primeira, uma série de imagens foi apresentada aos participantes, onde eles deveriam escolher aquelas que mais os identificava ou trazia-lhes memórias afetivas; a partir das imagens, cada um teve a oportunidade de explicar seu ponto de vista sobre as escolhas. Essa etapa serviu para introduzir e identificar algumas linguagens semelhantes àquelas abordadas em projeto. Na segunda, houve a exposição de dois estudos preliminares por meio de croquis e a consequente introdução dos padrões emergidos a partir da comunidade/bairro que estavam introduzidos no *design* de cada um. Logo após, os participantes escolheram a proposta que mais se adequaria às necessidades dos moradores e aquela que provocou maior afetividade;
- (e) APRESENTAÇÃO DO PRODUTO: uma reunião para apresentação do produto final. Por esse, entende-se a apresentação do anteprojeto, atendendo a legislação e as bases do desenho técnico. Nessa reunião, foi discutida a viabilidade do desenvolvimento do desenho, agora em vias de aprovação e a ratificação da proposta pelos moradores. A proposta ainda gera discussões devido ao gabarito que limita-se a 4,80m de acordo com a URB 90_90 (GDF,1990), pois alguns participantes exigem a construção de um segundo pavimento, contrariando a norma. Entretanto, a maior parte dos moradores participantes aceitou em dar continuidade ao processo. A ideia é que no próximo encontro, sejam discutidos os parâmetros de sustentabilidade a partir dos materiais que podem ser utilizados na construção. O conceito do uso da rua como espaço interação e acontecimento vem sendo debatido aos poucos, já que os moradores opinam que o espaço público perdeu seu valor para a criminalidade.



Figuras 3, 4, 5, 6, 7 e 8 - Imagens das diversas reuniões realizadas na comunidade da Vila Planalto.

2.3 Princípios de sustentabilidade

A fim de sistematizar os conceitos de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável, o autor Ignacy Sachs (2012) estabeleceu oito dimensões que devem ser considerada para o desenvolvimento de uma economia global mais condizente com os recursos naturais e as realidades sociais locais. As dimensões social, cultural, ecológica, ambiental, territorial, econômica, política nacional e política interancional. Devido à escala reduzida do projeto, foram considerados como parâmetros apenas quatro: social, cultural, ambiental e econômica, mas que indiretamente integram as outras dimensões não abordadas. Em uma forma geral, as dimensões visam dar chance à redução da dependência científica e cultural das comunidades. Essa visão aborda um espectro maior das dinâmicas produtivas do ser humano e não as reduzem apenas a um modelo econômico baseado somente na gestão dos recursos naturais.

3. RESULTADOS

O resultado de todo o processo foi a realização do estudo preliminar do Centro Sociocultural da Vila Planalto baseado nos padrões espaciais e de acontecimento bem como nas dimensões da sustentabilidade, social, ambiental, cultural e econômica demonstrados a seguir:

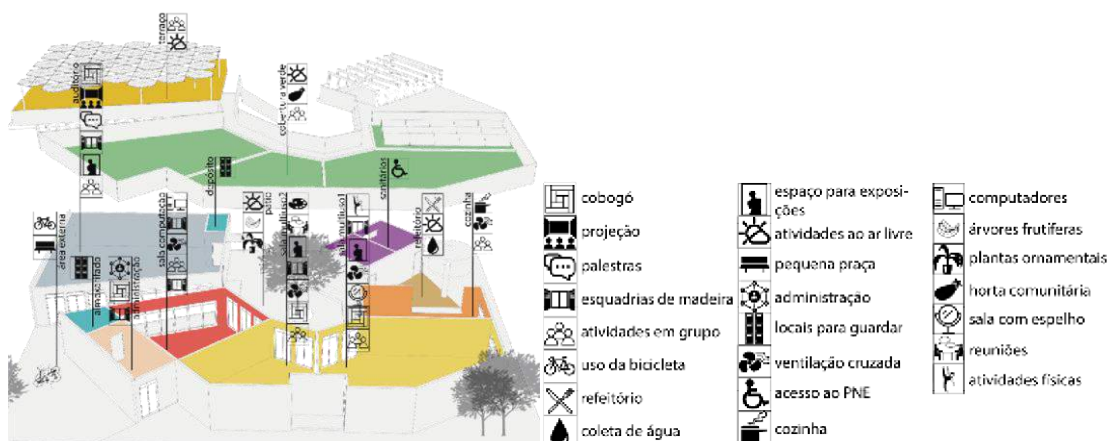


Figura 9 - Aplicação dos padrões a partir de observações feitas nos pontos culturais e patrimoniais da Vila Planalto e reivindicações recorrentes do grupo de moradores: uso de cobogó; espaço para exposições; sala de computadores; uso de projeção (cursos dinâmicos); atividades ao ar livre; presença de árvores frutíferas; salas para palestras; pequena praça para aproximar os usuários com o espaço urbano; uso de plantas ornamentais; uso de madeira nas esquadrias; local para administração das atividades; locais para guardar materiais e objetos pessoais; sala com espelho para atividades que usam o corpo; locais para alojamento das bicicletas priorizando o uso desse transporte; ventilação cruzada para favorecer a troca de ar; pequenas salas para reuniões; refeitório pequeno para alimentação e socialização; acesso ao portador de deficiência, possibilitando sua integração natural ao ambiente; locais para atividades físicas; coleta de água da chuva para reaproveitamento e cozinha para alimentação e cursos.

O projeto consistiu em um edifício que fosse capaz de atender as necessidades dos moradores da Vila Planalto em oferecer atividades dos mais variados tipos em um terreno pequeno, de aproximadamente 650m², inserido em uma rua residencial. Como premissas, levou-se em consideração, além dos padrões identificados no bairro, quatro dimensões da

sustentabilidade de Sachs (2012). Devido ao caráter e a dimensão social do edifício, a integração com o espaço público foi de grande relevância no partido, assim como a forma circular que serve de união para os módulos. O usuário é convidado a adentrar o terreno por meio de um acesso que vai da rua ao pátio central (Fig. 7), ligados pelo mesmo piso sem perceber o aonde termina a via e onde começa o espaço do centro social. É importante ressaltar que, a prática da permanência na rua (sentar na calçada, por exemplo) está se perdendo naquela comunidade. Por esse motivo, pensou-se na retomada do meio urbano.

Na dimensão ambiental foram utilizados princípios do bioclimatismo, tais como a inserção do edifício no terreno, a posição e tipo de aberturas; materiais de uso renovável, o sistema construtivo em blocos de terra compactada (BTC) e estrutura em madeira e o telhado verde. O uso de sistemas de redução de impacto também foram utilizados: as placas fotovoltaicas, uso de cisterna para captação de água da chuva, composteira, o tratamento de águas negras com bananeiras (bacia de evapotranspiração - BET) e horta no telhado verde. Englobando a dimensão ambiental, está a econômica. Os materiais foram pensados para gerar menor custo, pois alguns podem ser produzidos na comunidade e baixo impacto ambiental (economia de longo prazo) se considerarmos a renovação dos recursos naturais. O edifício como um todo é um modelo para práticas mais sustentáveis dentro da Vila Planalto porque serve de vitrine para os moradores. Ali será possível ensinar aos moradores tecnologias que visam respeitar o meio ambiente.



Figuras 10 e 11 - Perspectiva da rua, dando prioridade ao pedestre, e fachada frontal do Centro Sociocultural, integrando o edifício com a rua.

4. CONCLUSÃO

Apesar da finalização do processo, até o momento, ter sido concluída com sucesso, inicialmente, a dificuldade de encontrar documentos sobre a Vila Planalto foi a primeira barreira, já que não existe um acervo único. Foram encontrados documentos na Secretaria de Gestão de Territórios (Segeth), Arquivo Público do Distrito Federal e Subsecretaria de Cultura e Patrimônio do Distrito Federal. Entretanto, parte da documentação nem estava catalogada, foi preciso lidar com fontes primárias. A quantidade de leis e decretos também dificultou o entendimento, uma vez que existem decretos de tombamento que se entrelaçam ao projeto de loteamento e às leis de uso e ocupação. Essas leis, por vezes, não atribuem valores quantitativos, dificultando ainda mais o entendimento do que deve ser feito para manter as características patrimoniais. A heterogeneidade dos grupos sociais existentes também dificultou um trabalho mais abrangente com a comunidade. Cada grupo já exerce suas próprias atividades e há influência política sobre alguns deles.

Portanto, a escolha de alguns dos representantes foi fundamental para o prosseguimento da metodologia. Com ajuda da facilitadora Efigênia Fernandes, professora da rede pública de ensino e moradora, filha de pioneiro, a ocorrência da maior parte das reuniões foi possível.

A perspectiva futura para este processo é consolidar o projeto do Centro Sociocultural, com a possibilidade de sua construção, por meio de verba pública ou privada e abrir caminhos para ações mais profundas dentro daquela comunidade, tais como a conscientização da identidade patrimonial com seus habitantes de forma mais sustentável e o aumento das atividades também no meio urbano.

O estudo preliminar do Centro Sociocultural da Vila Planalto foi o resultado físico de todo o processo. Entretanto, pode-se inferir a construção de um pensamento mais democrático e sustentável para aquela comunidade. Dentro do processo de projeto do centro Sociocultural da Vila Planalto, foi possível realizar uma abordagem diferenciada do *design* dentro dos princípios da sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

- Alexander, C. 2007. *A cidade não é uma árvore*. Tradução: Mauro Almada. Disponível em: <http://www.vivercidades.org.br/publique222/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=1123&sid=21&tpl=printerview> – Acesso em 29/03/2015.
- Alexander, Christopher. Ishikawa, S.; Silverstein, M.; Jacobson, M.; King, I. F. 1997. *Uma Linguagem de Padrões - A Pattern Language*. Oxford University Press. Oxford.
- Andrade, L. M. S. 2014. *Conexão dos padrões espaciais dos ecossistemas urbanos: a construção de um método com enfoque transdisciplinar para o processo de desenho urbano sensível à água no nível da comunidade e da paisagem*. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). Versão final — Universidade de Brasília, Brasília.
- Distrito Federal, Decretos 11.079/88, 11.104/88, 11.149/88, 14.053/92, 14.663/93, NGB 90_90, NGB 163_90, 164_90, 165_90 e NGB 58_91 referem-se à legislação específica da Vila Planalto.
- Laboratório Nacional de Engenharia Civil. 2013. *Participação da comunidade em processos de desenho urbano e de urbanismo: levantamento e descrição de métodos e técnicas*, Lisboa.
- Mayol, J. O Bairro. In: Certeau, M. A. 2008. *invenção do cotidiano 2: morar e cozinhar*. Tradução de Ephraim Ferreira Alves e Lúcia Endlich Orth. Petrópolis: Vozes. Cap. 1, p. 372.
- Ocarranza P., M. 2014. Transformações do Cotidiano em um bairro em processo de gentrificação livre. *XIII Seminário de História da Cidade e do Urbanismo*, Brasília.
- Sachs, I. 2012. *Caminhos para o desenvolvimento sustentável*. Garamond. Rio de Janeiro.
- Seduma. 2008. *1º Seminário SEDUMA: A Vila Planalto em Proposta*. Brasília.
- Zarur, S. B. 1996. Brasília: Moradia e Exclusão. In: (organizador), A. P. *Brasília: moradia e exclusão*. Brasília: Universidade de Brasília. Cap. Vila Planalto: um caso de resistência popular, p. 81-109.



Experiences and Sustainable Practices with the Elderly

Maria do Carmo Duarte Freitas

Federal University of Paraná, Department of Information Science and Information Management, Curitiba, Brazil - mcf@ufpr.br

Rafaela Wille de Aguiar

Federal University of Paraná, Department of Information Science and Information Management, Curitiba, Brazil - rafaela.wille@gmail.com – CNPq Scholarship

Joana Gusmão Lemos

Federal University of Paraná, Department of Information Science and Information Management, Curitiba, Brazil - joanalemos@ufpr.br

Murilo Kenji Cardoso

Federal University of Paraná, Department of Information Science and Information Management, Curitiba, Brazil - murilokenji@gmail.com – CNPq Scholarship

Rodrigo Eduardo Botelho-Francisco

Federal University of Paraná, Department of Information Science and Information Management, Curitiba, Brazil - rodrigobotelho@ufpr.br

Daniel Silva Paixão

Federal University of Paraná, Department of Information Science and Information Management, Curitiba, Brazil - danielsilvapaixao@gmail.com – CNPq Scholarship

ABSTRACT: This article describes important actions resulting from a partnership between three extension projects of Federal University of Paraná: Open University of Maturity, Green Map of Curitiba and Digital Media Applied to Education. That partnership seeks social valuing of the elderly. The method used consists of six steps: raise awareness of the sustainability issue, encouraging the elderly to participate in the learning process, as well as to reflect and to exchange experiences and sustainable practices; stimulate thinking with the use of iconographic materials; mobilize ideas with maps and icons and invite the students to map locals that refers to life quality for them; experience, beginning to discuss participants perception about the mapped locations; review the selected icons to represent positive environmental or negative aspects of the mapped areas; and perform challenges, when the participants propose behavior changes and recognize how they can exceed the proposed challenge. Besides that, the participants could discuss and realize how the project contributed to awareness process of their social environment.

Keywords Sustainability, Green Map of Curitiba, Open University of Maturity.

1. INTRODUCTION

There is a growing necessity for more discussions and lead the problems and preoccupations of scientists and environmentalists about planet's preservation. Both the child and the adult should learn about environmental education, which explains the importance of studies on the factors that influence the perception of the subject in society.

The aging population is seen throughout the contemporary world and requires behavioral and cultural changes. To grow old is often associated with decreased quality of life, what as a challenge for the individual, society and government, in order to acquire knowledge and conditions for life extension.

This article results of partner of three Project extensions in University Federal of Paraná (UFPR): Open University's of Maturity (UAM) Project, Green Map Project's and Digital Media Applied to Education Project. In this scope, many acts are conducted by Science, Information and Technology Search Group.

2. THE PROJECTS

The Green Map began in 1992, in New York/EUA as a map to instigate the interest of local residents and tourists about sustainability and make it possible to them to know significant places of cultural and environmental importance within the city. Was created by Wendy Brawer and published by his ecodesign enterprise "Modern World Design". Then, raised an idea to develop a collaborative system, the Green Map System (created in 1995), which has the "the purpose to guide the society to realize the geographical space where it [the society] lives and it [the geographical space] relationship to sustainability" (Tavares, 2015, s.p., translated by us).

The program spread notion of sustainable future through building maps, activities in which community participates sharing their perceptions and impressions about green areas e his location in social space, beyond the social, cultural and civic knowledge. The Green Maps can be created in limited or opened groups to third-party collaboration - named Open Green Maps. Both the production process and maps produced, it has helped to strengthening local and global sustainability networks, reinforce the necessity of healthy and ecologic choices and assist in the divulgation and expansion of successful initiatives to more communities (Think... 2016).

Recent data shows that there are 500 Green Maps published and 325 Opened Green Maps, such as hundreds of made in workshops and classes/classrooms (presented in the Project activities' reports), embracing more than 845 cities, counties and villages in 65 countries.

In 2009, GP-CIT, along with the Department of Information Science and Information Management of the Federal University of Paraná, has hired the Green Map's idealizer, Wendy Brawer, to bring he project to Curitiba/PR, in Brazil. During the Information Management's First Journey, the event's guests and participants cooperated to the elaboration of the Curitiba's Green Map (Fig.1) in a area which was specially made for this propose (Freitas, 2015).



Figure 1. Curitiba's Green Map. Source: Curitiba's Green Map webpage, 2016

This project resulted in workshops, presentations and communications of the works and lots of events, such as SuGestão 2009, the 8^o UFPR's Extension and Culture Meeting (ENEC), the International Conference of Education and Sustainable Development (EDS,2010), apart from workshops with the UFPR's architecture and urbanism students (Freitas, 2015).

UAM, on the other hand, is a project from UFPR's extension whose target-public are people above 55 years old. It offers, to the elders, the opportunity of participating of numerous activities which promotes life quality, cultural and social development, reception and the behavior changes about lots of topics, such as: Digital Inclusion, Elders' Rights, Elders' Health, Corporal Activities, Environment, Gerontology, Art and Culture (Universidade... 2016) (Fig.2).



Figure 2. 1st UAM class, happened in 2013, about Technology for digital inclusion. Source: Own Archives, 2013

The Digital Medias Applied to Education Project, on the other hand, is made by GP-CIT with the purpose of promoting digital and technological inclusion to the population, through workshops and training activities, besides the production of didactic material. (Paixão, 2015) (Fig.3). The partnership between these two projects contributed to improve its participants' life quality and sociocultural development.



Figure 3. 1st UAM class, happened in 2013, about Green Map Project. Source: Own Archives, 2013

3. SUSTAINABILITY AND QUALITY OF LIFE

Sustainability is a term that comes from Latin *sustinere*, and means to keep alive or defend. Coral (2002) presents the term relating it to the search of economics environmental and social viability. His contribution starts with the structuring of information, needed for the diagnostic achievement, as well as the elaboration of sustainable strategies and tool selection, appropriated for their implementation (Frame 1).

SUSTENTABILIDADE		
ECONÔMICA	AMBIENTAL	SOCIAL
Competitividade	Tecnologias limpas	Responsabilidade social
Qualidade e custo	Reciclagem	Recursos humanos
Foco	Utilização sustentável de recursos naturais	Projetos de cunho social
Mercado	Atendimento à legislação	Auxílio ao crescimento da comunidade
Estratégias de negócio	Tratamento de resíduos e efluentes	
	Produtos ecologicamente corretos	
	Impactos ambientais	

Frame 1. Sustainability model. Source: Coral, 2002

The sustainability model (Coral, 2002) helps on the analytics of the projects inserting them on a social sustainability dimension. The actions disposed in this classification have social responsibility nature and involves students and teachers from different courses, with a way to help the growth of involved community, collaborating to execute and propagate of ideas and sustainable behaviors. In Green Map Project, the information's theme are quickly produced, diffused and applied in the students' formation, as well as transferred to the old-aged in the UAM project. Learn to learn, learn to understand and learn to act by yourself became indispensable capabilities for actions that involve the introduction of sustainability themes in the social environment.

Quality of life is a dynamic concept that covers many areas of knowledge and includes the human relation with the environment and the different needs and perception of each person, being quality of life composed as much positive relations and experiences as negatives ones. Alonso, Sánchez and Martínez (2009) comment that the World Health Organization (WHO) defines quality of life as

[...] individuals perception of their position in life in the context of the culture and value systems in which they live and in relation to their goals, expectations, standards and concerns. (WHOQOL Group, 1997).

The quality of life is also related with the emotional, physic and material welfare, involving interpersonal relations, personal development and social inclusion. (Schalock et al. s.d. apud Alonso, et al. 2009)

The WHO (Organización Mundial de la Salud, s.d.) says that over the years there has been a significant increase in the number of the elderly, which can be seen in Brazil by comparing the figures submitted by the Censuses of 2000 and 2010 (IBGE, 2000/2010): There was a growth of approximately 41% in the number of the elderly. This increase raises questions as: aging is being accompanied by an appropriate degree of quality of life according to factors such as social inequality and break of paradigms about the elderly's role in society?

To seek answers to questions like this, we understand that higher education institutions are responsible for presenting and foster discussions about sustainability, in order to alleviate the lack of public policies that discuss the issue associating it with quality of life, in particular the elderly. Although there is in Brazil Law No. 8,842, of January 4, 1994, which is a National Policy for the Elderly with standards to ensure social rights of the elderly by creating conditions to promote their autonomy, integration and effective participation in society (Articles 1 and 2), it is remarkable the lack of effective participation of society and public agencies to fulfill this law.

The UFPR in its projects, aligns with the National Elderly Plan to support and promote longevity with quality of life, seeking to offer ways for aging is accompanied and understood by the elderly themselves. One of the projects that are explicitly aligned in this case is itself Open University of Maturity by forming groups of seniors that allow building relationships and influence the mobility of the elderly among the places where the actions are carried out. People who do not leave home are more prone to isolation, depression and a higher incidence of mobility issues. (Organización Mundial de la Salud, s.d.)

Seeking to promote the participation of different sectors and courses of UFPR, awareness of directly and indirectly involved with the actions and deepening the questions on the subject, it responds to the extension principles (O que... 2016) which are the generation impact and social transformation, the indivisibility of teaching, research and extension, interdisciplinarity and inter-professionalism, understanding the social role of extension and the impact on the training of students.

4. METHODOLOGY

The partnership between the projects is now on its fourth edition and takes place every year always in the months of March, April and May. It began in 2013 and its latest edition took place this year, 2016. The activities consist of actions research and workshops focused on digital inclusion and dissemination of the Green Map's project.

The set of activities also aims at the training of monitors and instructors students, testing material developed by them and approach's and teaching-learning's techniques. All

activities take place in the computer lab on campus UFPR's Botanical Garden, which provides all the physical infrastructure and equipment.

It is used as educational strategies (Frame 2) action research, classes, and workshops with participation through dialogue between teachers, seniors, students, instructors and monitors involved in the process, developing dynamics distributed in 12 meetings of 3 hours duration each.

Frame 2. Educational strategy for digital inclusion at UAM Green Map project. Source: Authors, 2016

Educational strategies	Responsibles	Target audience	Theme
Action research	GP-CIT	UAM participants	Know the profile and the reality of the participants
Classes	GP-CIT and volunteers		The technology in the life of the elderly
Workshops	GP-CIT and volunteers		Use of computers, Office®, internet, Facebook®, etc.
Workshop	GP-CIT and volunteers		Green Map - SEMEAR

Since 2013, the Digital Inclusion theme is worked on the project by members of the GP-CIT and volunteers. Therefore, materials were developed in the form of slides and printed pocket booklets distributed to the students and serve as a reference source to participants (Fig . 4).



Figure 4. Pocket booklets technology for Digital inclusion. Source: Own Archives.

One of the classes' modules is dedicated to a workshop with the elderly, when it is explained what is Green Map Project and its importance is emphasized. It aims to influence the participants to think critically about the regions where they live. The method used in this workshop consists of six steps:

- Raising awareness on the sustainability issue - action that shows inter and transdisciplinary character theme making the elderly feel at ease to actively participate in the learning process, besides it allows them to reflect and exchange experiences on sustainable practices;

- Stimulate thinking with use of iconographic material (Fig. 5) and their descriptions, pre-established in the project;



Figure 5. Activity with icons - Green Map Project. Source: Own Archives, 2016.

- Mobilize ideas with maps (Fig. 6) and icons - participants are asked to map their living places;



Figure 6. Presentation of Green Map Project's maps. Source: Own Archives, 2016.

- Try it - stimulates the discussion and perception of places that refer to the quality of life for each participant (squares, parks, bike paths, etc.);
- Evaluate - leads to discussions about the closure of the locations listed by participants that presented the drawings to explain the selected icons to represent the positive environmental aspects or negative existing space mapped by them ; and
- Perform challenges - encourage each participant to create behavior change proposals. The purpose is the recognition of their contribution to the educational process on the space where they live. In Curitiba, this step is in charge of the UFPR team. Once verified, the information is entered in the site of the Green Map© in the Curitiba's Green Map.

The action verbs of each step, when in Portuguese, form the SEMEAR word (sow in English) which symbolically represents a commitment of project participants to act as seeders and disseminators of the Green Map and care with nature in the pursuit of community quality of life and is a way of teaching-learning which facilitates the involvement of students with the technological and cultural changes taking place in its surroundings (Freitas, 2011). This method was developed by Neolabor a management company of Human Resources located in Florianopolis in Santa Catarina/Brazil.

5. RESULTS

The partnership between the projects and actions carried out as lectures and trainings are essential to the continuity of them because they help in spreading this partnership to both the domestic population the Federal University as the foreign population, arousing the interest of the public and enabling new entrants to take advantage of environment created by classes.

Thus, it appears as one of the results, the fact that not only the elderly as students, but also teachers, monitors, organizers and observers are made aware of the social importance of preserving nature and the commitment to promote environmental awareness and sustainability and at the same time they can interact with each other ensuring that people from different social situations, life experiences and ages.

And another result to be quoted, perhaps more tangible, it is a graduate of four groups of elderly (2013-2016) in the Open Maturity University that were presented and made aware of the actions of the Green Map and receiving capabilities for digital inclusion by members and volunteers of the project Digital Media Applied to Education.

6. CONCLUSION

This research enabled to infer that education strategies focused on the quality of life of the elderly are essential when a proposal to change the social sustainability paradigm exists. The importance of the actions carried out in the projects described herein is revealed in the valuation issues not always considered common sense, but that show interesting for the participants.

Scholars who participated in the project say the experience gives opportunity to them in addition to teaching, the learning. On the one hand work explaining the use of computational tools to the elderly, on the other, to exchange experiences, share knowledge and knowledge about the life experience and the challenges faced on a daily basis. The action allows the contact with real life, according to the reports of the elderly in their speech. They praise the project, not only for acquired knowledge but the opportunity to experience it, be useful and to produce something which translates as appreciation of their work. You can see the impact of the Project Green Map in the following statements made by some of the elderly (verbal information acquired from manual transcription excerpts from interviews with students of 2016 class UAM):

- "It's something that is important and we sometimes don't take it very seriously." – Interviewed A (translated by us);
- "I think it teaches people to think, because usually people go through things and do not realize." - Interviewed C (translated by us);

She said (verbal information) that she wants to publicize the project:

- "Near my home there's a little square that has fitness equipment. People of my building and I gather there to do gymnastics... then I will join them too [in the project]." - Interviewed A (translated by us);

Through conversations with them also could see the ways they became aware of the Open University of Maturity: through dissemination at the university itself, through conversations with family members, among others. About the reasons that led them to participate in the project (oral information):

- "I decided to participate to interact, go out , learn, get more information and always be active." - Interviewed B (translated by us);
- "To have more information. To have contact with people, interacting." - Interviewed C (translated by us);
- "Because I was more staying at home. It is for information, to update and other things that we end up staying at home and getting kind of forgetting things." - Interviewed D (translated by us);

The elderly, mostly received the guidelines with satisfaction (Fig . 7-8) and returned with stories about their experiences and showing their affection for the teachers.



Figure 7. 4th UAM class, about Green Map Project. Source: Own Archives, 2016.



Figure 8. 4th UAM class, about Green Map Project. Source: Own Archives, 2016.

REFERENCES

- Alonso, M. A. et al. 2009. Fundamentación teórica. In M. A. Alonso & L. E. G. Sánchez & B. A. Martínez, *Evaluación de la calidad de vida en personas mayores: 12-25*. Salamanca: INICO.
- Canković, S et al. 2016. Quality of life of elderly people living in a retirement home. *Vojnosanitetski Pregled*. 73(1): 42-46.
- Coral, E. Modelo de planejamento estratégico para a sustentabilidade empresarial. 282f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
- Freitas, M. C. D. Pense globalmente, mapeie localmente. Crie: Educação para o desenvolvimento sustentável. Curitiba, p.32-33, jun. 2011.
- Freitas, M. C. D. Relatório interno do GP-CIT. Curitiba: Gp-cit, 2015. 14 p.
- Freitas, M. C. D. et al. The Sustainable Look of the "Third-Age" for Future Generations. 2015. Translator: Jessica Cristina Tavares. Disponível em: <http://www.greenmap.org/greenhouse/en/node/25147>>. Acesso em: 09 maio 2016.
- IBGE. Sinopse do Censo Demográfico 2010: Distribuição da população por sexo, segundo os grupos de idade. 2000/2010. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=12>>. Acesso em: 20 maio 2016.
- O que é extensão universitária? Disponível em: <http://www.proec.ufpr.br/links/extensao.html>>. Acesso em: 20 maio 2016.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). Salud y Envejecimiento: Un documento para el debate. s.l. 37 p. Disponível em: http://www.redadultosmayores.com.ar/buscador/files/SALUD093_Edwards.pdf>. Acesso em: 20 maio 2016.
- Paixão, D. S.; Mídias digitais aplicadas a Educação. Curitiba: GP-CIT, 2015. 9 slides, color.
- Tavares, J. C. Mapa Verde: disseminação das práticas de sustentabilidade em Curitiba. Curitiba: GP-CIT, 2015. 15 slides, color.
- Think Global, Map Local! Disponível em: <http://www.greenmap.org/greenhouse/en/about>>. Acesso em: 03 maio 2016.
- UFPR - UNIVERSIDADE Aberta da Maturidade UFPR. Disponível em: <http://www.uam.ufpr.br/>>. Acesso em: 28 abr. 2016.
- WHOQOL Group. Division Of Mental Health And Prevention Of Substance Abuse Of The World Health Organization (WHO). Measuring Quality of Life. Geneva, 1997. 13 p. Disponível em: http://www.who.int/mental_health/media/68.pdf>. Acesso em: 21 maio 2016.



Avaliação da iluminação natural da casa popular eficiente da UFSM por simulações computacionais

Matheus Cargnelutti de Souza

Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Mestrando do Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Santa Maria (RS), Brasil

matheuscargnelutti@hotmail.com

Giane de Campos Grigoletti

Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Professora do Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil e do Curso de Arquitetura e Urbanismo, Santa Maria (RS), Brasil

ggrigoletti@gmail.com

Marcos Alberto Oss Vaghetti

Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Professor do Departamento de Estruturas e Construção Civil, Santa Maria (RS), Brasil

marcos.vaghetti@ufsm.br

RESUMO: Este trabalho apresenta resultados parciais de uma avaliação das condições de iluminação natural do interior do protótipo de Casa Popular Eficiente construído em 2013, em escala real, no Centro de Eventos da Universidade Federal de Santa Maria. O objetivo do artigo é apresentar resultados da avaliação da iluminação natural disponível no interior do protótipo. Através do método do papel branco, realizou-se medições com luxímetro portátil em 260 pontos de iluminância refletida para a obtenção das refletâncias das superfícies internas da edificação. Elaborou-se uma maquete eletrônica do protótipo, a qual foi utilizada no programa *Rhinoceros* com o *plugin Diva* instalado em seu ambiente. Inseriu-se os materiais para cada tipo de superfície na maquete, configurando-se suas devidas refletâncias. Para realizar a avaliação de iluminação natural por simulações com o *plugin Diva for Rhino*, tem-se como suporte o algoritmo *Radiance*, utilizando-se o arquivo climático *SWERA* para Santa Maria, RS, Brasil. Analisou-se as seguintes variantes da iluminação natural: iluminância útil e autonomia. O protótipo obteve um bom desempenho no que se refere aos parâmetros de iluminâncias preconizados pela NBR15575-1. Além disso, o estudo não se resume a apenas a avaliar níveis médios de iluminâncias disponíveis, mas avaliar o desempenho da iluminação natural de uma forma espacial, possibilitando-se mapear as deficiências que possam ser aperfeiçoadas no protótipo e visando aprimorar o projeto de arquitetura a fim de torná-lo mais eficiente.

Palavras-chave *Iluminação natural, Simulação, Diva for Rhino.*

1. INTRODUÇÃO

O protótipo de Casa Popular Eficiente surgiu de uma pesquisa iniciada na Universidade Luterana do Brasil (ULBRA/Curso de Arquitetura e Urbanismo) em 2008, e teve seguimento nos anos de 2009 e 2010 com a definição dos materiais e soluções sustentáveis, assim como a elaboração dos anteprojetos. Posteriormente, em 2011 na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM/Curso de Engenharia Civil), foram elaborados os projetos arquitetônico e complementares definitivos do protótipo.

Em 2012, o Grupo de Estudos e Pesquisas em Tecnologias Sustentáveis (GEPETECS) passou para a fase construtiva do protótipo, localizado no Centro de Eventos da UFSM. O protótipo foi inaugurado em dezembro de 2013, contemplando soluções que consideram o aproveitamento dos recursos ambientais disponíveis (energia solar, vento, águas da chuva, solo e vegetação), consistindo em uma alternativa para moradia de baixa renda.

A partir de 2014, iniciou-se uma pesquisa relacionada ao desempenho da iluminação natural no interior do protótipo, através de uma dissertação de mestrado ainda em desenvolvimento. Neste artigo serão apresentadas algumas análises já realizadas com auxílio computacional do *plugin Diva for Rhino*, tendo-se como referências, a NBR15575-1 (ABNT, 2013) e a IES LM-83-12 (*Spatial Daylight Autonomy (sDA) and Annual Sunlight Exposure*). De acordo com Jaramillo (2014, p. 35), “para fazer simulações dinâmicas é necessário definir dois aspectos: época do ano para análise e a escala de valores para determinar os níveis de iluminação natural que interesse”. Reinhart, Mardaljevic e Rogers (2006), realizaram um estudo onde recomendam identificar os momentos de maior ocupação das pessoas e exigência visual, quando se busca a época do ano. Quanto ao aspecto da escala de valores, existem duas unidades métricas que podem ser adotadas, a iluminância útil de iluminação natural (Useful Daylight Illuminances - UDI) e a Autonomia de Iluminação Natural (Daylight Autonomy - DA).

2. A CASA POPULAR EFICIENTE

O protótipo, Figura 1, utiliza materiais de baixo impacto ao meio ambiente, como tijolos de solo cimento, telha com Tetra Pak reciclado, forro de painéis OSB, tintas diluíveis em água e piso de PVC reciclado. Além disso, a construção reuniu diversas estratégias para a melhor utilização dos recursos naturais, como o aproveitamento da água da chuva, reaproveitamento de águas cinzas, uso da vegetação para proteção solar, emprego da ventilação e da luz natural e o uso da energia solar para aquecimento de água (Vaghetti et. al., 2013).



Figura 1. Fachadas da Casa Popular Eficiente. Fonte: autores, 2015

O foco do Projeto é minimizar os danos ao meio ambiente a partir de materiais alternativos na construção, sem que se perca a qualidade de vida dos moradores (GEPETECS, 2014). A Figura 2 apresenta a planta baixa e os cortes do protótipo, que consiste em uma habitação popular, de 55,40m², distribuída em dois dormitórios, sala de estar, cozinha, área de serviço e um banheiro.

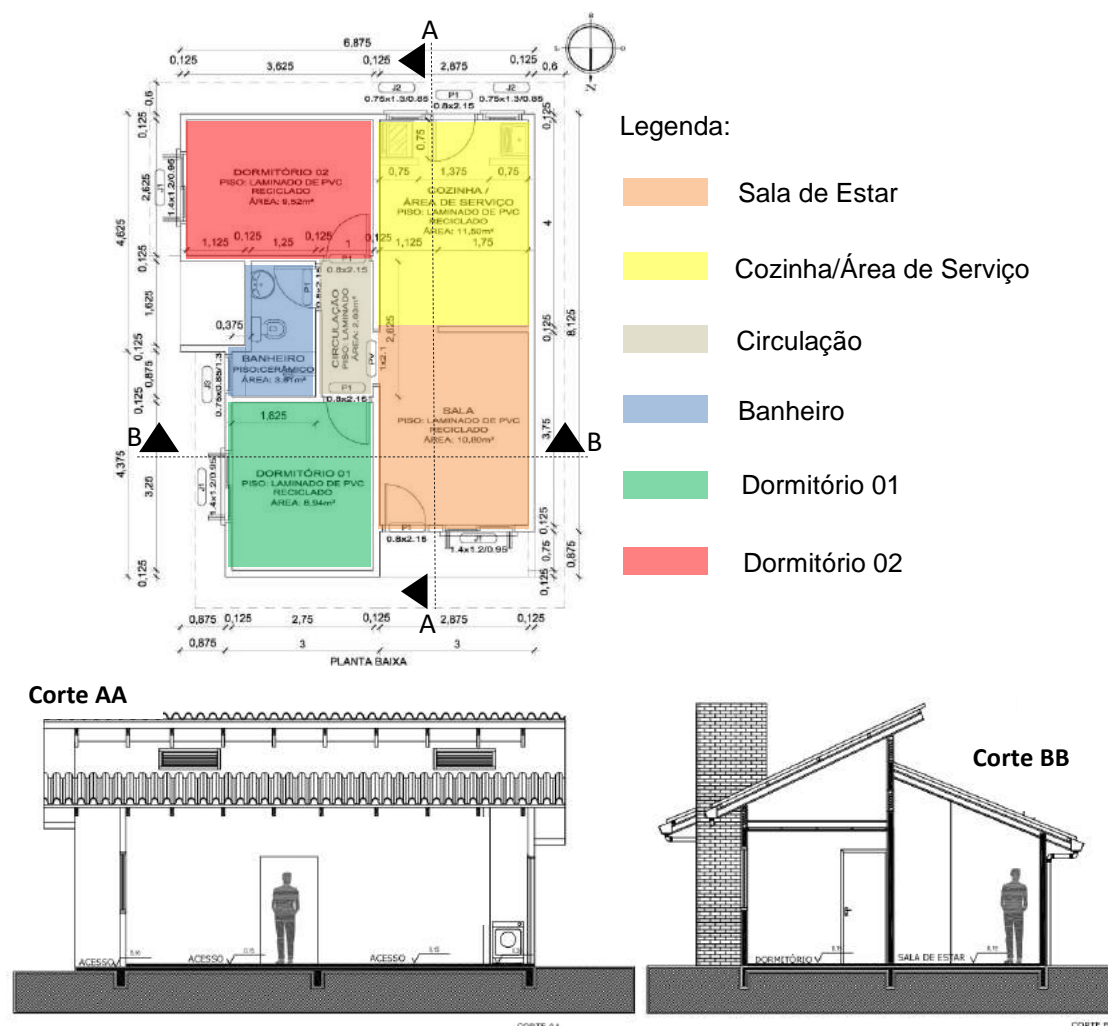


Figura 2. Planta Baixa do protótipo, Corte AA e Corte BB. Fonte: adaptado de GEPETECS, 2014

3. A LUZ NATURAL E A SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Pelos níveis de iluminação natural serem dinâmicos, o desempenho da luz do dia deve ser considerado ao longo do tempo e não simplesmente através de um fator de luz diurna por exemplo. Um desempenho anual da iluminação natural integra variações de um ano completo, que é altamente dependente das condições climáticas locais, especialmente a luz fornecida a partir da luz solar direta contra o céu e as nuvens (IESNA, 2012).

O *plug-in Diva for Rhino*, inicialmente desenvolvido na Universidade de Harvard e hoje gerenciado pela Solemma, permite aos usuários realizarem uma série de avaliações de desempenho ambiental dos edifícios individuais e paisagens urbanas, incluindo simulações de iluminação natural baseadas em arquivos climáticos, como *Useful Daylight Illuminances* e *Daylight Autonomy* (Diva, 2016).

Nas simulações, o *Daylight Autonomy* é identificado como a porcentagem de horas ocupadas por ano em que as iluminâncias no plano de trabalho atingem um valor predeterminado de iluminância, somente de iluminação natural (Reinhart et al., 2006). Outra ferramenta de análise é o *Useful Daylight Illuminances*, que simula a porcentagem de horas de um ano que a iluminância no plano de trabalho limita-se entre 100 e 2.000 lux, faixa de iluminação considerada de conforto visual, sendo os valores acima de 2.000 lux e abaixo de 100 lux considerados zonas de desconforto (Mardaljevic et al., 2005).

4. OBJETIVO E JUSTIFICATIVA

4.1 Objetivo

Avaliar a iluminação natural disponível no protótipo Casa Popular Eficiente, construído na UFSM, através de variáveis dinâmicas de iluminação natural, *Useful Daylight Illuminances* (UDI) e *Daylight Autonomy* (DA).

4.2 Justificativa

Além do avanço nos estudos de procedimentos eficientes para o aproveitamento de uma iluminação que é produzida naturalmente pelo sol, não tem custo financeiro, nem consumo energético poluente ou geração de resíduos, este trabalho aplica uma metodologia de avaliação espacial anual de condições de iluminação natural, que traz agilidade na identificação de pontos de deficiência no que se refere ao conforto visual dos usuários de uma determinada edificação. Esta metodologia pode ser aplicada tanto em avaliações de edificações já existentes, como em projetos de arquitetura ao longo de sua concepção.

5. METODOLOGIA

5.1 Levantamento e modelagem do protótipo

Realizou-se o levantamento físico da edificação avaliada, embora exista o projeto do protótipo, se fez necessária a conferência das dimensões reais no local. Em seguida, deu-se início a modelagem tridimensional através do *software AutoCad® 2013*, com a definição dos *layers* por tipos de materiais, servindo como arquivo base para uma posterior exportação ao *software Rhinoceros*. Antes de iniciar os procedimentos de simulações no *Rhinoceros*, precisa-se obter os níveis de refletâncias de todos os tipos de superfícies da edificação em estudo, por isso, optou-se pelo Método do Papel Branco para a coletas destes dados.

5.2 Aplicação do método do papel branco

De acordo com Ghisi & Lamberts (1998), para a execução do método do papel branco é necessário um luxímetro portátil e uma folha de papel branco. São feitas duas medições de iluminância refletida em um mesmo ponto, uma com o papel branco e outra da superfície desejada, ambas com a fotocélula do luxímetro (luxímetro portátil INSTRUTHERM, modelo LD210) voltada para a superfície que se deseja saber a refletância e afastada

aproximadamente 10 cm da mesma, como mostra a Figura 3, com as medições realizadas no protótipo de Casa Popular Eficiente da UFSM.

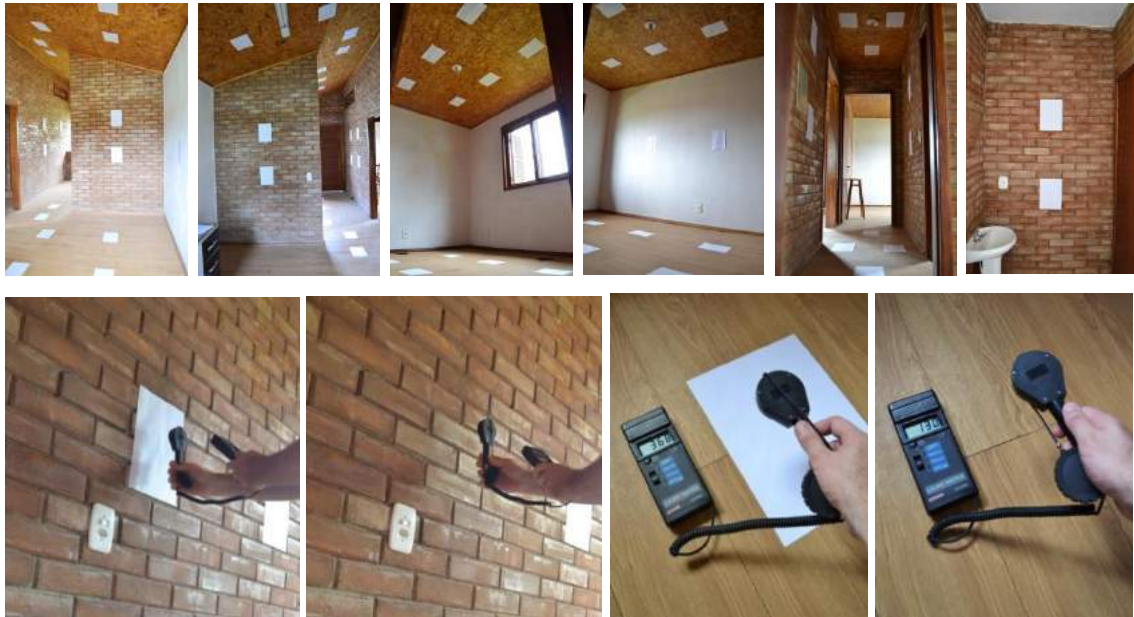


Figura 3. Respectivamente, Sala/Cozinha/Dormitório01/Dormitório02/ Circulação/Banheiro; medições de iluminância refletida, com um, pelo método do papel branco, da parede de tijolo a vista e do piso laminado de PVC reciclado. Fonte: autores, 2015

A partir disso, obtém-se a iluminância refletida pelo papel branco e em seguida a iluminância refletida pela superfície que se deseja descobrir a refletância. Ainda segundo Ghisi & Lamberts (1998, p. 3), “admitindo-se a refletância do papel branco como sendo 90%, a refletância da superfície é determinada através de uma proporção como mostra a equação...” 1.

$$\rho_{sup} = \frac{90 \cdot E_{sup}}{E_{pb}} \quad (1)$$

Onde ρ_{sup} = Refletância da superfície (%); E_{sup} = Iluminância refletida pela superfície (lux); E_{pb} = Iluminância refletida pela superfície com papel branco (lux); 90 = Refletância do papel branco (%).

Conforme Pereira (2009, p. 15), “os dias com céu encoberto são caracterizados pela ausência de luz solar diretamente do sol. A luz do céu é tão uniformemente difundida, que o padrão de luminância do céu é visualmente simétrico em relação ao zênite”. Realizaram-se as medições de iluminância refletida no dia 8 de janeiro de 2016, entre 9h e 19h, por ser um dia com predominância de céu encoberto (vista do céu na Fig. 4) que favorece a uniformidade das iluminâncias e conseqüentemente reduz a possibilidade de variação dos resultados.



Figura 4. Condição do céu no dia 08/01/2016, encoberto. Fonte: autores, 2015

Para a execução do método exposto, são realizados 30 conjuntos de medições para cada tipo de superfície. Para superfícies com refletâncias uniformes este número cai para 10 conjuntos (Ghisi, 1997).

5.3 Configuração e inserção de dados no *plugin Diva for Rhino*

Após a modelagem da maquete eletrônica, foi utilizado o *plugin Diva for Rhino*, instalado no *software Rhinoceros*, como mostrado na Figura 5, o qual apresenta quatro ícones de uso, *Location*, *Nodes*, *Materials* e *Metrics*. O primeiro ícone, *Location*, é utilizado para a importação de um arquivo climático local que se encontra no computador em *C:\Diva\WatherData*, no qual foi utilizado o arquivo do tipo *SWERA.epw*, da cidade de Santa Maria, RS, obtido através do portal do Laboratório de Eficiência Energética em Edificação (LABEEE, 2016) da UFSC, onde podem ser encontrados os arquivos climáticos existentes de cidades brasileiras.

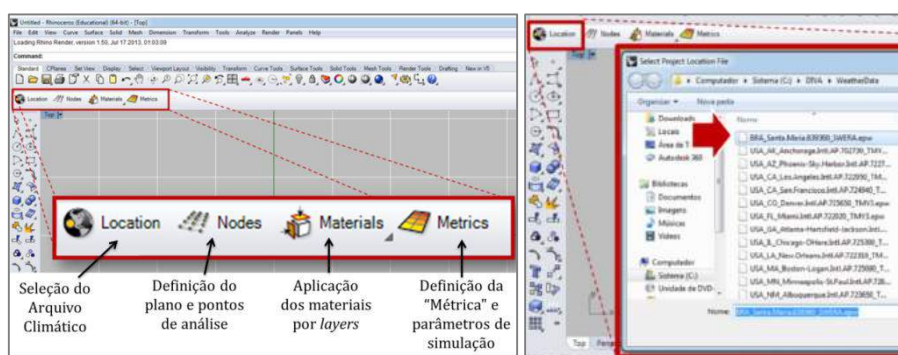


Figura 5. Ferramentas do plugin Diva for Rhino e forma de importação do arquivo climático de Santa Maria, RS. Fonte: autores, 2016

Através do comando *Nodes* (Fig. 6), são projetados os pontos de análises para as posteriores simulações. Foram definidos 75cm de altura dos pontos em relação ao piso, estabelecido pela NBR 15575-1, e aproximadamente 20cm de afastamento horizontal entre os pontos para se obter curvas isolux com boa precisão.

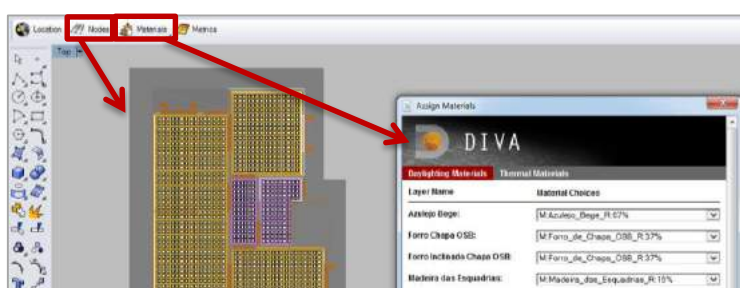


Figura 6. Ferramentas do plugin Diva for Rhino, Nodes e Materials. Fonte: autores, 2016

Com o ícone *Materials*, conforme Figura 6, são definidos os materiais para cada tipo de superfície, os quais foram separados por *layers* durante o processo de modelagem tridimensional. Acessando o *Sistema(C)/DIVA/Daylight/Material* nos documentos do computador, é possível configurar cada material com a sua devida refletância (Figura 6), como é estabelecido pelo *Radiance* no manual deste algoritmo (Crone, 1992).

5.4 Simulando com o plugin Diva for Rhino

Após inserir o arquivo climático local no ícone *Location*, distribuir os pontos dos sensores em *Nodes*, e aplicar todos os materiais configurados com o algoritmo *Radiance* em *Assign Materials*, parte-se para os procedimentos de simulação na opção *Metrics* (Fig. 7).

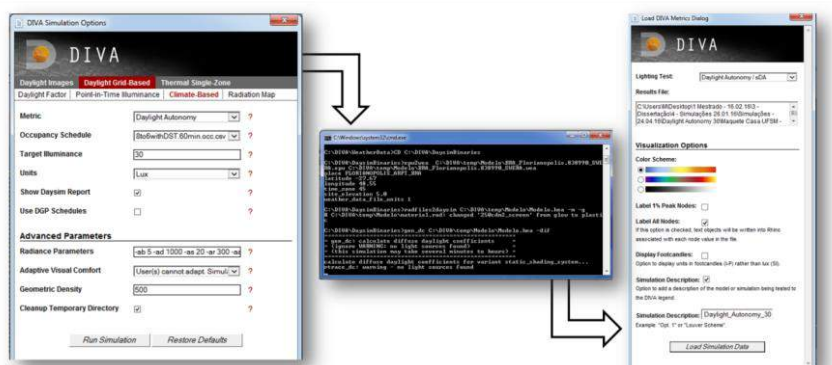


Figura 7. Respectivamente: Escolha do tipo de simulação; Janela de simulação; Opções de apresentação da simulação após a sua conclusão. Fonte: autores, 2016

Neste trabalho foram simulados a iluminância útil de iluminação natural e a Autonomia de Iluminação Natural, através de *Metrics/Daylight Grid-Based/Climate-Based/Metric*.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Refletâncias

Foram realizados 130 conjuntos de medições de iluminância refletida, totalizando 260 medições, sendo 30 conjuntos em cada uma das superfícies seguintes, paredes de tijolo a vista, forro de chapas OSB e piso laminado de PVC reciclado, e 10 conjuntos em cada uma das superfícies uniformes ou com pequenas áreas de abrangência, sendo as paredes pintadas de branco com tinta de terra crua, a madeira das esquadrias, os revestimentos cerâmicos de parede e o piso cerâmico do banheiro, resultando em dados apresentados na Tabela 1, com base em levantamentos feitos em 8 de janeiro de 2016.

Tabela 1. Estimativa de refletâncias das superfícies do protótipo de casa popular eficiente da UFSM

Superfícies dos pontos medidos	Média de Iluminâncias refletidas pelo papel	Média de Iluminância refletida pela superfície (Lux)	Refletância estimada (%)
	branco (Lux)		
Paredes de tijolos a vista	65,76666667	18,43333333	25
Paredes e teto pintados de branco	87,00000000	82,10000000	85
Paredes com revestimento cerâmico claro	107,2000000	79,40000000	67
Piso cerâmico claro	500,5000000	386,6000000	70
Madeira das esquadrias	114,0000000	19,30000000	15
Piso laminado de PVC reciclado	192,9000000	70,36666667	33
Chapas OSB do forro	43,53333333	17,76666667	37

As médias das refletâncias são necessárias para a aplicação dos materiais dentro do plugin Diva, e os resultados obtidos foram satisfatórios comparando-se a pesquisas realizadas por outros autores, como é apresentado por Pereira & Souza (2005), que referenciam estimativas de refletâncias por cores, onde uma parede pintada de branco, por exemplo, é descrita teoricamente por 80% de refletância estimada, e nesta medição obteve-se um

resultado de 85%, podendo-se perceber a proximidade de resultados entre a medição e o referencial teórico.

6.2 Iluminância útil de iluminação natural - *Useful Daylight Illuminances (UDI)*

A simulação de *UDI* foi realizada para identificar as porcentagens de horas de um ano em que a iluminância no plano de trabalho está entre 100 e 2.000 lux (Fig. 8).

Pode-se identificar um bom desempenho *UDI* nos ambientes de permanência prolongada (sala, cozinha e dormitórios), onde as áreas em vermelho apresentam iluminância entre 100 e 2.000 lux em 100% das horas do ano. Uma ligeira deficiência de *UDI* pode ser identificada nas regiões próximas as janelas e no fundo dos ambientes de maior profundidade (sala, cozinha e dormitório 02), podendo-se fazer um comparativo entre os dois dormitórios, com a mesma orientação solar, porém, com distinção de dimensionamento, tornando o dormitório 01 mais eficiente por suas áreas de deficiência serem próximas a janela, que possivelmente sejam caracterizadas por excesso de iluminâncias, apresentando uma homogeneidade maior e coloração avermelhada no restante do ambiente. Já no dormitório 02 há deficiência no fundo do ambiente, concluindo-se que será necessário acionar a iluminação artificial nesta região. Já no banheiro e circulação, observa-se alto índice de deficiência, o que poderemos concluir nas próximas análises, de *Daylight Autonomy (DA)*.

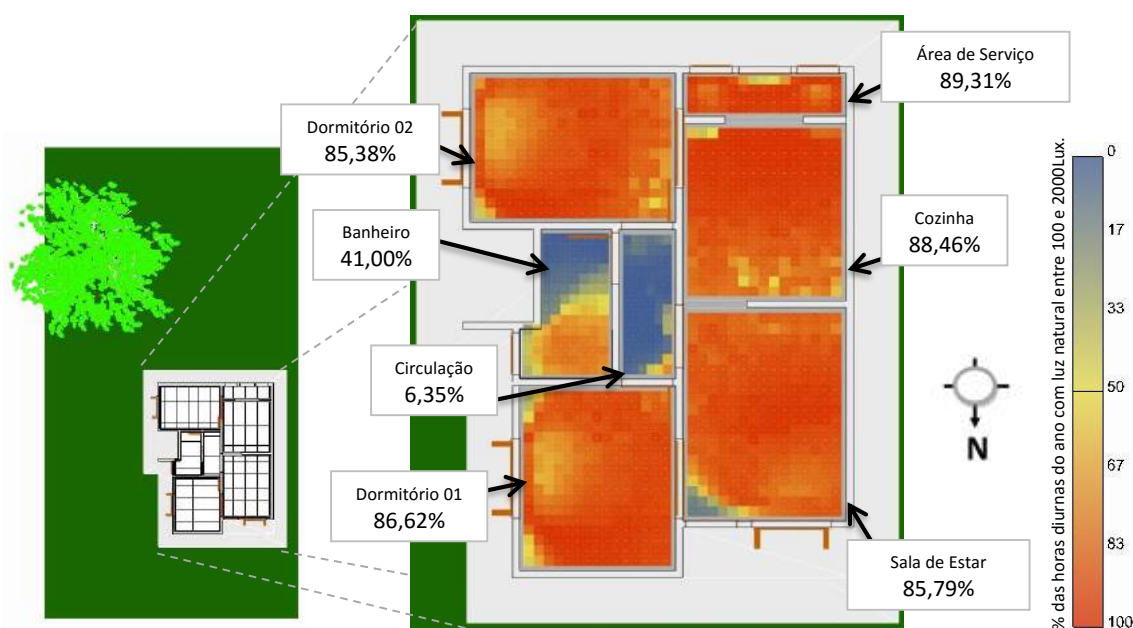


Figura 8. Simulação de UDI para o protótipo de Casa Popular Sustentável da UFSM. Fonte: autores, 2016

6.3 Autonomia de iluminação natural - *Daylight Autonomy (DA)*

Analisou-se os desempenhos em autonomia anual de iluminação natural seguindo os índices de iluminâncias internas de edificações habitacionais estabelecidos pela NBR15575-1 - Norma de desempenho de edificações habitacionais (ABNT, 2013), onde são considerados para dormitórios, sala de estar e cozinha, o nível mínimo de iluminância de 60 lux, o nível intermediário a partir de 90 lux e o nível superior a partir de 120 lux. A Figura 9 apresenta as simulações de autonomia de iluminação natural para 60 lux, 90 lux e 120 lux.

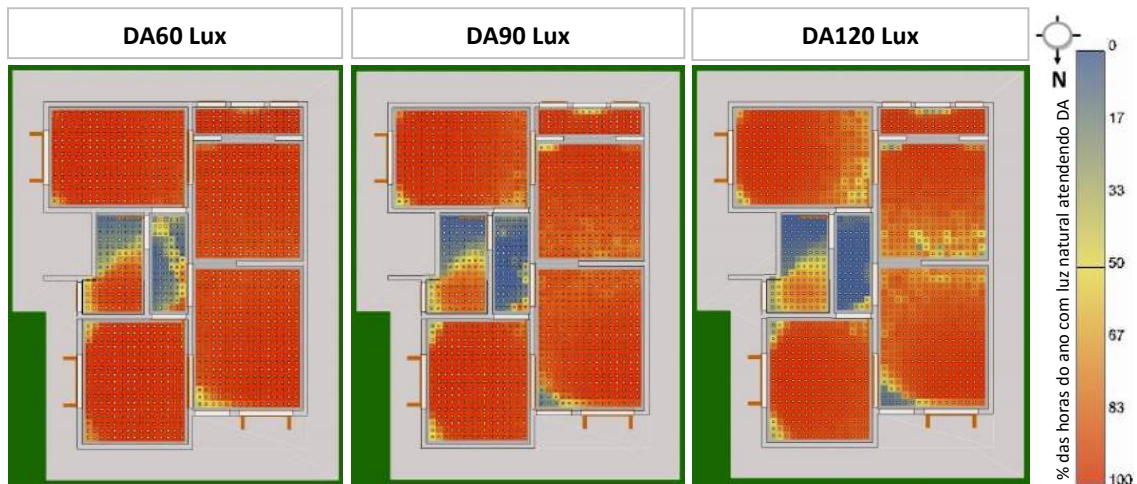


Figura 9. DA em 60, 90 e 120 Lux para o protótipo de Casa Popular Sustentável da UFSM. Fonte: autores, 2016

Pode-se analisar, nas simulações, que, ao se considerar avaliações de desempenho com um sensor central em cada ambiente, como sugere a NBR15575-1, os ambientes de permanência prolongada atingiriam todos os índices estipulados pela norma, porém, ao se avaliar o fenômeno da iluminação natural de uma forma espacial, pode-se identificar as áreas deficientes e passíveis de serem supridas por iluminação artificial ou de adequação projetual, nas plantas representadas pelas cores azul e amarelo. Também foram avaliadas as autonomies em 30 e 45 lux (índices intermediário e superior para os ambientes circulação e banheiro de acordo com a NBR15575-1), além de uma avaliação com 300lux, pensando-se em áreas de estudo ou trabalho doméstico, expostas na Figura 10.

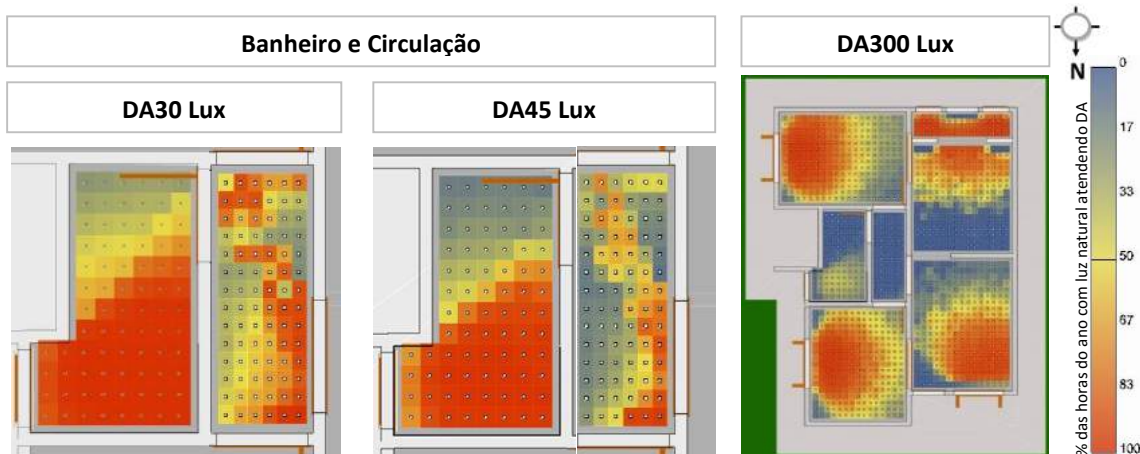


Figura 10. DA em 30, 45 e 300 Lux para o protótipo de Casa Popular Sustentável da UFSM. Fonte: autores, 2016

Nestas três simulações, pode-se perceber que as áreas que não estão em vermelho correspondem a pontos que não atingem 100% de autonomia e por isso precisam ser aperfeiçoadas, pois são apresentados baixos índices de autonomies, caso do banheiro e da circulação, e ainda se identifica as áreas com certa dificuldade em atingir iluminâncias elevadas, que aparecem em azul e também em amarelo na simulação DA300 lux. Identificados os pontos a serem otimizados, pode-se pensar em adequações, por exemplo, trocando as cores da pintura das paredes e do teto e talvez possíveis ajustes arquitetônicos, como distribuição das aberturas ou redução de profundidade dos ambientes.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em *UDI* foram apontadas bons resultados de iluminâncias úteis de iluminação natural, acima de 85% nos ambientes de permanência prolongada, cozinha e área de serviço. Em *DA*, os parâmetros de desempenho mínimo, intermediário e superior de iluminâncias estipulados pela NBR15575-1, deveriam superar respectivamente os índices de autonomia em 60 lux, 90 lux e 120 lux, onde são indicadas as simulações nos pontos centrais dos ambientes de permanência prolongada, cozinha e área de serviço, desta forma, todos estes ambientes obtiveram autonomia de 100% ou índices bastante próximos disto. No banheiro e circulação não são estipulados índices mínimos de iluminância, mas pode-se observar pouca eficiência no desempenho intermediário e superior. Com *DA* 300 lux, pode-se concluir que possíveis áreas de estudo ou trabalho doméstico necessitariam de auxílio de iluminação artificial, sendo observadas as áreas azuladas desta simulação.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) 2013. *NBR 15575-1* - Edificações Habitacionais - Desempenho - Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT.
- CRONE, S. M. D. 1992. *Radiance User's Manual*, Architectural Dissertation, Vol. 2, Disponível em: <<http://radsite.lbl.gov/radiance/refer/usman2.pdf>>. Acesso em 30 de maio de 2016.
- DIVA FOR RHINO 2016. *What is DIVA-for-Rhino?*, Cambridge, MA, USA. Disponível em: <<http://diva4rhino.com/>>. Acesso em 30 de maio de 2016.
- GEPETECS 2014. *Casa Popular Eficiente*. Santa Maria, UFSM. Disponível na Internet <<http://coral.ufsm.br/gepetecs/index.php/projetos/casa-popular-eficiente>>. Acesso em: 30 nov. 2014.
- GHISI, E.; LAMBERTS, R. 1998. Desenvolvimento de uma metodologia para retrofit em sistemas de iluminação. *Anais 7º Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*. Florianópolis. p. 401-409.
- GHISI, E. 1997. *Desenvolvimento de uma Metodologia para retrofit em sistemas de iluminação: Estudo de caso na Universidade Federal de Santa Catarina*. 246 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- IESNA 2012. *IES LM-83-12*. IES Spatial Daylight Autonomy (sDA) and Annual Sunlight Exposure (ASE). New York, NY, USA, IESNA Lighting Measurement.
- JARAMILLO, C. B. 2014. *Alterações na distribuição da luz natural causados pelos agrupamentos de estudantes em salas de aula*. 142 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- LABEEE 2016. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. *Arquivos climáticos*. SWERA. Santa Maria. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/downloads/arquivosclimaticos>>. Acesso em: 30 de maio de 2016.
- MARDALJEVIC, J; NABIL, A. 2005. *The Useful Daylight Illuminance Paradigm: A Replacement for Daylight Factors*. Institute of Energy and Sustainable Development (IESD), Leicester, Reino Unido.
- PEREIRA, F. O. R.; SOUZA, M. B. de. 1995 / 2005. *Iluminação*. Florianópolis. Curso de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo e em Construção Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Apostila de Conforto Ambiental.
- PEREIRA, R. C. 2009. *Avaliação de Ferramentas de Simulação de Iluminação Natural por Meio de Mapeamento Digital de Luminâncias da Abóbada Celeste e Entorno*. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- REINHART, Christoph F.; MARDALJEVIC, John; ROGERS, Zack. 2006. Dynamic Daylight Performance Metrics for Sustainable Building Design. *LEUKOS - Journal of Illuminating Engineering Society of North America*, v.3, v.1, p. 7-31.
- VAGHETTI, M.A.O. et al. 2014. *Casa Popular Eficiente: um benefício ambiental aliado a um custo mínimo (Módulo 4)*. Santa Maria: UFSM. Relatório Parcial de Pesquisa (Protocolo nº 28582 GAP/CT). Disponível em: <www.ufsm.br/gepetecs>. Acesso em: 1 jun. 2014.



Isolamento a sons aéreos - NP EN ISO 16283-1 2014 procedimento geral vs procedimento de baixa frequência

Paulo Silva

Versegura, Lda – Laboratório de acústica, V. N. Famalicão – Braga, Portugal
pauloliveirasilva@gmail.com

Luís Bragança

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal
braganca@civil.uminho.pt

ABSTRACT: A norma NP EN ISO 16283-1:2014, estabelece metodologias de ensaio para determinação do isolamento sonoro a sons por condução aérea. São definidos dois procedimentos de ensaio distintos: procedimento geral e procedimento de baixa frequência. A aplicação destes métodos difere consoante a volumetria dos compartimentos de ensaio. Enquanto o primeiro é para compartimentos entre 25 m³ e 250 m³, o segundo é aplicável a compartimentos maiores ou iguais 10 m³ e menores que 25 m³.

Com a restrição de aplicação do procedimento geral a compartimentos com menos de 25 m³, impõe-se a aplicação do método de baixa frequência. No entanto, a legislação em vigor não prevê o enquadramento para este parâmetro.

Foram realizados nove ensaios de isolamento a sons por condução aérea em compartimentos com volume inferior a 25 m³, de forma a analisar a diferença de valores com a aplicação do método de baixa frequência e quais os constrangimentos da sua aplicação.

Devido à aplicação do método de baixa frequência verificou-se sempre um decréscimo do isolamento sonoro a sons aéreos entre espaços, o que em alguns casos resultou na transição do cumprimento para um incumprimento legal. Este método tem duas particularidades que dificultam a sua aplicação em ensaios: a primeira é do ponto de vista da conceção dos espaços, dado ser de difícil aplicação devido ao reduzidíssimo número de compartimentos recetores com volume inferior a 25 m³, a segunda é do ponto de vista técnico, uma vez que é um procedimento mais complexo de executar.

Keywords *Acústica de edifícios; Isolamento sons aéreos, Procedimento de baixa frequência.*

1. INTRODUÇÃO

A acústica de edifícios assume atualmente um dos principais conceitos quando se projeta uma construção. Uma acústica de edifícios de qualidade, irá traduzir-se numa boa qualidade acústica dos espaços bem como a estanquidade à passagem de sons entre o interior e o exterior dos edifícios e entre compartimentos do mesmo edifício, sejam eles compartimentos de fogos, garagens, zonas técnicas, espaços de circulação comum, espaços comerciais para zonas de conforto, de lazer ou de descanso. A legislação em vigor na área da acústica de edifícios é o decreto-lei 96/2008 de 09 de junho, que procede à primeira alteração do Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios, aprovado pelo decreto-lei 129/2002 (Decreto-Lei n.º 96/2008, 2008).

O presente trabalho tem por base a análise das abordagens especificadas pela nova norma aplicável aos ensaios de propagação a sons aéreos entre compartimentos. A norma NP EN ISO16283-1:2014, que vem substituir a NP EN ISO 140-4:2009, é aplicável a recintos recetores entre 10 m³ e 250 m³ no intervalo de frequências entre 50 Hz e 5000 Hz, sendo que abaixo dos 25 m³ deve ser aplicado o procedimento de baixas frequências e entre 25 m³ e 250 m³ deve ser aplicado o procedimento geral. O principal foco de estudo e análise para o qual serão efetuados ensaios será verificar as diferenças que se obtêm com a aplicação das distintas metodologias. Além de novas abordagens na realização de ensaios, esta norma vem ainda especificar e clarificar alguns requisitos para os equipamentos utilizados neste âmbito.

A aplicação do método de baixas frequências, por parte das entidades acreditadas em termos acústicos, carece de uma revisão legislativa de modo a que o índice de isolamento acústico padronizado com os respetivos índices de adaptação espectral para baixa frequência $D_{nT,w} + (C_{50-3150}; C_{tr50-3150})$, sejam previstos em diploma legal (Rosão, Silva, & Gama, 2015).

2. METODOLOGIAS DE ENSAIO

Para a realização das medições de isolamento sonoro a sons de condução aérea com a aplicação do procedimento geral e do procedimento de baixa frequência foram seguidas as diretrizes da NP EN ISO16283-1:2014. Esta norma prevê que o sonómetro utilizado nas medições seja utilizado em: posições fixas, microfone com varrimento mecânico contínuo ou microfone com varrimento manual. No presente estudo foram utilizadas as posições fixas de microfone em que o sonómetro é seguro manualmente ou está fixo em tripé (NP EN ISO 16283-1, 2014).

Independentemente do método a aplicar em determinado ensaio, este passa sempre pelas seguintes fases:

- escolher o compartimento emissor e recetor, preferencialmente o mais pequeno como recetor;
- efetuar as medições do tempo de reverberação no compartimento recetor – T_2 ;
- efetuar as medições do ruído de fundo no compartimento recetor – B_2 ;
- efetuar as medições do nível sonoro médio no compartimento emissor – L_1 ;
- efetuar as medições do nível sonoro médio no compartimento recetor – L_2 ;

- realizar os cálculos do índice de isolamento - $D_{nT,w}$, $D_{nT,w} + C_{50-3150}$ ou $D_{nT,w} + C_{tr50-3150}$.

2.1 Procedimento geral

O método geral é realizado utilizando filtros de largura de banda de terço-de-oitava nas seguintes frequências centrais, em hertz:

- 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150.

As distâncias mínimas de separação entre posições da fonte sonora são as seguintes:

- a distância entre as diferentes posições do altifalante deve ser no mínimo de 0,7 m;
- para um mínimo de duas posições a distância não deve ser menor que 1,4 m;
- a distância entre os limites do compartimento e o centro geométrico da fonte sonora não deve ser inferior a 0,5m e 1m no caso da divisória de separação com o compartimento recetor (NP EN ISO 16283-1, 2014).

A Figura 1 apresenta uma visualização gráfica das distâncias anteriormente especificadas e na Figura 2, são apresentadas duas posições das fontes sonoras num dos ensaios realizados.

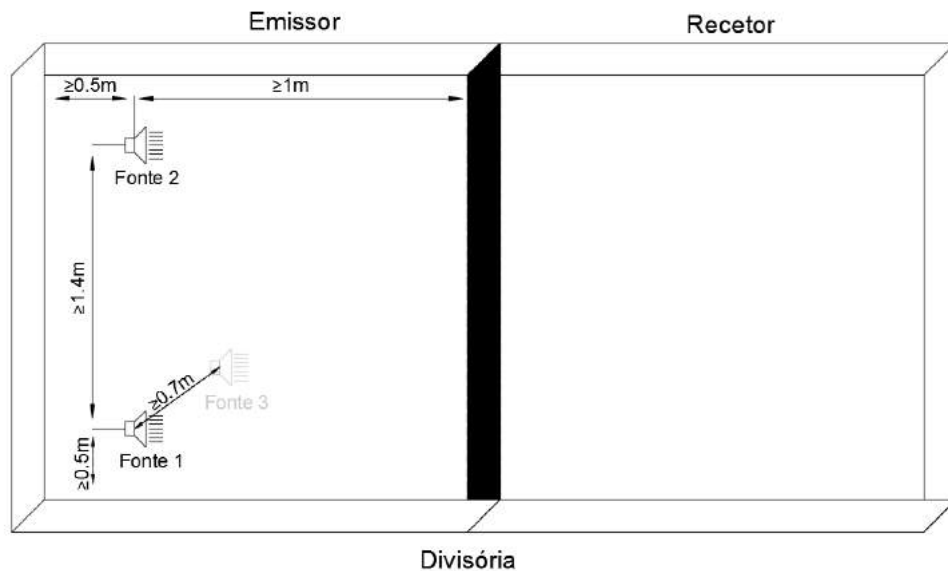


Figura 1. Distâncias mínimas dos altifalantes na geração de ruído para medição de L_1 e L_2 .



Figura 2. Exemplo da colocação das fontes num compartimento.

Uma vez que no método geral as medições de L_1 e L_2 são realizadas entre as bandas de terço de oitava de 100 Hz e 3150 Hz, o tempo de medição para cada posição de microfone é no mínimo 6 s e para B_2 15 s.

As distâncias mínimas de separação entre posições dos microfones são as seguintes:

- 0,7m entre posições fixas do microfone;
- 0,5m entre uma posição do microfone e os limites do compartimento;
- 1,0m entre uma posição do microfone e o altifalante (NP EN ISO 16283-1, 2014).

A Figura 3 representa graficamente as distâncias anteriormente especificadas.

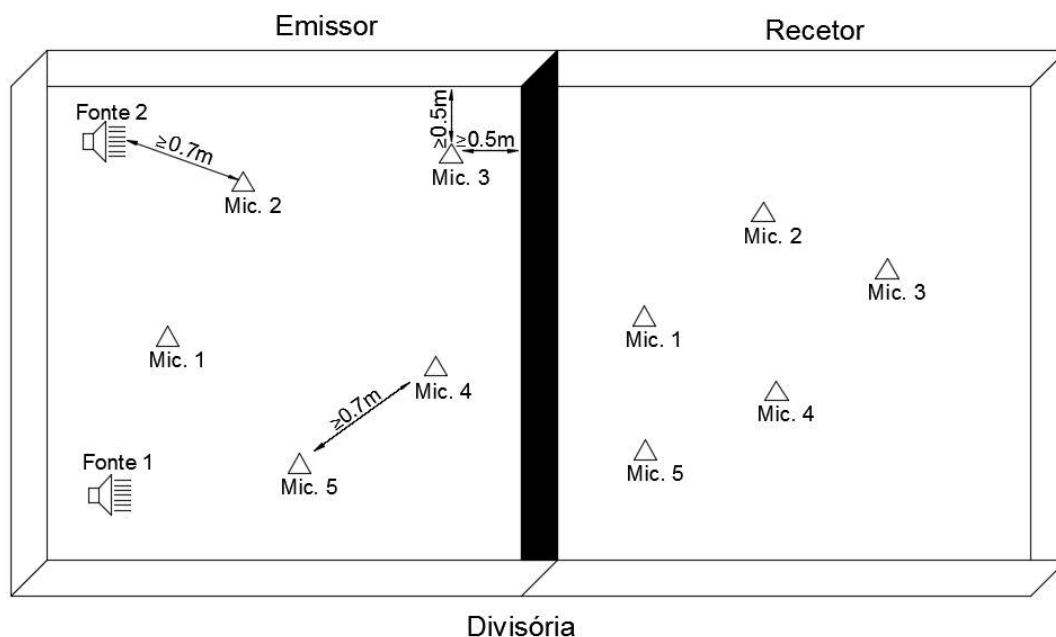


Figura 3. Distâncias entre posições de microfones.

2.2 Procedimento para baixa frequência

Nas medições de L_1 , L_2 e B_2 o procedimento de baixa frequência é aplicado utilizando filtros de largura de banda de terço-de-oitava nas seguintes frequências centrais, em hertz:

- 50, 63, 80.

As medições do nível de pressão sonora foram realizadas próximo de cada um dos cantos do compartimento, de forma a identificar qual o canto com nível sonoro mais elevado.

O ruído emitido no compartimento emissor foi gerado por dois altifalantes em posições distintas, não correlacionados.

As distâncias mínimas de separação entre posições das fontes sonoras, coincidem com as já referidas para o procedimento geral.

O microfone foi colocado em cada um dos cantos do compartimento a caracterizar de acordo com os seguintes requisitos:

- a uma distância de 0,3 m a 0,4 m de cada uma das superfícies que o definem;
- a distância entre qualquer posição do microfone e o altifalante deve ser de pelo menos 1,0 m.

O tempo de integração mínimo é de 15 s para cada medição, com o microfone colocado num tripé fixo e deslocado de posição em posição (NP EN ISO 16283-1, 2014).

Na Figura 4 é apresentado o modo de colocação do microfone numa posição de canto num dos ensaios realizados e a Figura 5 representa graficamente a distribuição típica das fontes sonoras e dos microfones numa medição, com a aplicação do método de baixa frequência.



Figura 4. Exemplo da colocação do microfone no canto superior de um compartimento.

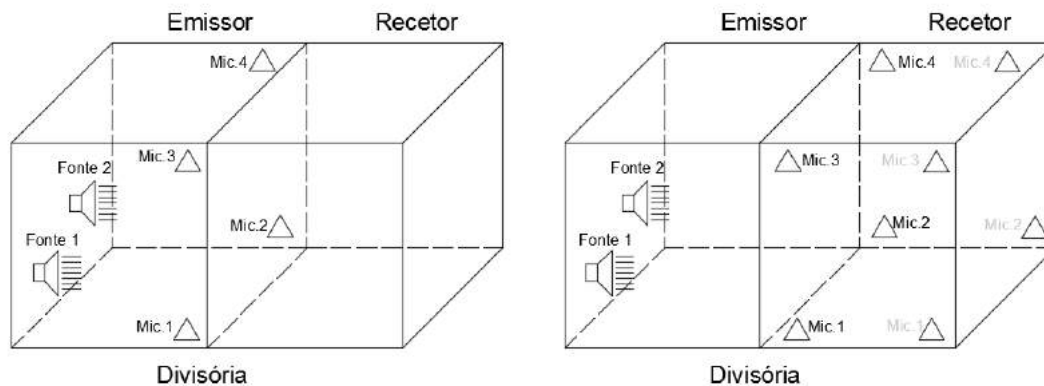


Figura 5. Disposição dos altifalantes e microfones para medição de L_1 , L_2 e B_2 .

2.3 Tempo de reverberação

A medição do tempo de reverberação é um dos aspetos fundamentais nos ensaios de acústica de edifícios, dado que, a maior ou menor reverberação do compartimento recetor vai ter uma influência direta nos resultados obtidos.

A medição deste parâmetro foi efetuada de acordo com o método de fonte interrompida ao nível do método de engenharia descrito na ISO 3382-2:2015 (NP EN ISO 3382-2, 2015).

O procedimento geral é aplicado em todas as bandas de terços de oitava entre 100 Hz e 3150 Hz, enquanto no procedimento de baixa frequência a medição do tempo de reverberação é realizado apenas na banda de oitava de 63 Hz, em vez das bandas de terços de oitava de 50 Hz, 63 Hz e 80 Hz. Este valor único de T_r será utilizado para representar as bandas de terços de oitava de 50 Hz, 63 Hz e 80 Hz nos cálculos finais de D_{nT} (NP EN ISO 16283-1, 2014).

2.4 Cálculos

Depois de realizadas as várias medições torna-se então necessário processar os cálculos para obtenção do:

Índice de isolamento sonoro por banda de frequência

$$D_{nT} = L_1 - L_2 + 10 \log \frac{T}{T_0} \quad (1)$$

onde L_1 = nível de pressão sonora média-energética no compartimento emissor; L_2 = nível de pressão sonora média-energética no compartimento recetor; T = Tempo de reverberação no compartimento recetor; T_0 = Tempo de reverberação de referência ($T_0=0.5s$).

Nível de pressão sonora média-energética

$$L = 10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{0.1 * L_i} \right) \quad (2)$$

onde: L_1, L_2, \dots, L_n são os níveis de pressão sonora medidos nas n posições do microfone no compartimento emissor e no compartimento recetor, resultando daqui respetivamente o valor de L_1 e L_2 para aplicar na equação (1).

Nível de pressão sonora média-energética de baixa frequência

$$L_{LF} = 10 \log \frac{10^{0.1 * L_{canto}} + (2 * 10^{0.1 * L})}{3} \quad (3)$$

onde: L = nível de pressão sonora média-energética obtido a partir do procedimento geral; L_{canto} = nível de pressão sonora de baixa frequência.

Cálculos a realizar nas bandas de terços de oitava de 50 Hz, 63 Hz e 80 Hz.

Para determinação do valor de D_{nT^w} e dos termos de adaptação espectral $C_{50-3150}$ e $C_{tr,50-3150}$ é necessário agora aplicar o método descrito na NP EN ISO 717-1:2013. (NP EN ISO 717-1, 2013)

2.5 Equipamentos

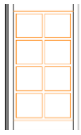
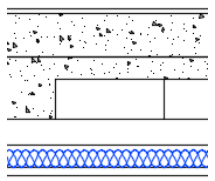
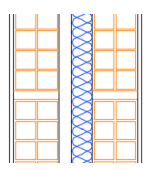
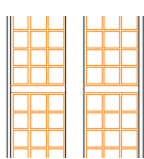
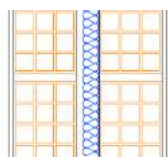
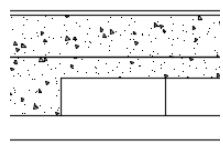
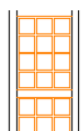
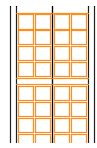
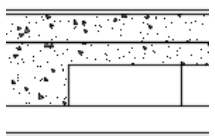
Os equipamentos utilizados nas medições foram: sonómetro de classe 1 da Bruel & Kjaer, modelo 2250; calibrador do sonómetro Bruel & Kjaer, modelo 4231; fontes sonoras da Bruel & Kjaer, modelo 4292; amplificadores de potência sonora da Bruel & Kjaer, modelo 2734.

Todos os equipamentos pertencem ao laboratório de acústica da Versegura, Lda, entidade acreditada pelo IPAC para realização de ensaios de acústica de edifícios e estão devidamente verificados.

2.6 Locais ensaiados

Na Tabela 1 é apresentada uma descrição sucinta dos locais ensaiados e das soluções construtivas. Estas soluções foram descritas pelos proprietários dos edifícios, não sendo possível constatar fisicamente as mesmas, uma vez que todos os ensaios foram realizados em construções com vários anos.

Tabela 1. Descrição dos compartimentos ensaiados

Nº do ensaio	Uso edifício	Tipo compartimento		Tipo de divisória	Solução construtiva	
		Emissor	Recetor		Descrição	Pormenor
1	Habitação geminada e serviços	Casa de banho	Quarto	Parede vertical	Cerâmica 1cm Reboco 2 cm Tijolo 11 cm Reboco 2 cm	
2	Habitação geminada e serviços	Armazém de produtos	Quarto	Lage horizontal	Cerâmica 1cm Regularização 10 cm Lage Aligeirada 25 cm Reboco 2 cm Lá rocha 4 cm Gesso cartonado 1.3 cm	
3	Habitação geminada	Quarto	Quarto	Parede vertical	Reboco 1 cm Tijolo 11 cm Caixa de ar 3 cm Lá de rocha 6 cm Tijolo 11 cm Reboco 1 cm	
4	Habitação geminada	Quarto	Quarto	Parede vertical	Reboco 2 cm Tijolo 15 cm Caixa de ar 5 cm Tijolo 15 cm Reboco 2 cm	
5	Habitação geminada	Quarto	Quarto	Parede vertical	Gesso 2 cm Tijolo 15 cm Caixa de ar 2 cm XPS 6 cm Tijolo 15 cm Gesso 2 cm	
6	Habitação no rés-do-chão e 1º piso.	Quarto	Quarto	Lage horizontal	Cerâmica 1cm Regularização 8 cm Lage Aligeirada 25 cm Reboco 2 cm	
7	Habitação geminada	Quarto	Quarto	Parede vertical	Gesso 2cm Tijolo 15 Gesso 2 cm	
8	Habitação geminada	Quarto	Quarto	Parede vertical	Gesso 2 cm Tijolo 11 cm Tijolo 11 cm Gesso 2 cm	
9	Habitação no rés-do-chão e 1º piso.	Quarto	Quarto	Lage horizontal	Cerâmica 1cm Regularização 6 cm Lage Aligeirada 25 cm Gesso 1 cm	

3. RESULTADOS

Na Tabela 2 é apresentado o enquadramento com a legislação e respetiva análise de conformidade para cada parâmetro. Em todos os casos é somado o valor de $I=3$ que corresponde ao valor da incerteza previsto no Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (Decreto-Lei n.º 96/2008, 2008).

Tabela 2. Resumo dos vários ensaios realizados

Nº do ensaio	Volume dos compartimentos		$D_{nT,w}$ (dB)	$D_{nT,w} + C_{50-3150}$ (dB)	$D_{nT,w} + C_{tr,50-3150}$ (dB)	Valor regulamentar $D_{nT,w}$ (dB)	Análise de conformidade		
	Emissor	Recetor					$D_{nT,w}$	$D_{nT,w} + C_{50-3150}$	$D_{nT,w} + C_{tr,50-3150}$
	m ³	m ³							
1	22	24	39	39	37	50	Não cumpre	Não cumpre	Não cumpre
2	20	24	60	59	54	58	Cumpre	Cumpre	Não cumpre
3	22	22	47	46	44	50	Cumpre	Não cumpre	Não cumpre
4	24	23	47	46	43	50	Cumpre	Não cumpre	Não cumpre
5	24	23	49	48	46	50	Cumpre	Cumpre	Não cumpre
6	18	18	50	49	48	50	Cumpre	Cumpre	Cumpre
7	23	22	39	38	36	50	Não cumpre	Não cumpre	Não cumpre
8	24	23	44	42	39	50	Não cumpre	Não cumpre	Não cumpre
9	22	22	47	46	44	50	Cumpre	Não cumpre	Não cumpre

4. DISCUSSÃO

Com base na análise de resultados obtidos, pode dizer-se que com a aplicação do método de baixa frequência, o valor do isolamento obtido entre compartimentos vai ser sempre menor do que se fosse aplicado apenas o procedimento geral. Esta diminuição, em muitos casos, ainda é acentuada, o que por vezes origina que uma situação de cumprimento, aplicando o procedimento geral, resulte num incumprimento dos valores legais estabelecidos, aplicando o procedimento de baixa frequência. Tal facto poderá impossibilitar a emissão da

licença de utilização dos recintos em causa, se os mesmos estiverem em fase de licenciamento. Esta questão vai exigir que na fase de projeto haja um maior cuidado na definição das soluções construtivas com o objetivo de obter um melhor isolamento acústico.

A norma NP EN ISO 16283-1:2014, que vem substituir a NP EN ISO 140-4:2009, especifica claramente que a compartimentos com volume inferior a 25 m³ aplica-se o método de baixa frequência e consequentemente o enquadramento tem de ter em conta os termos de adaptação espectral. As entidades acreditadas que realizam ensaios de acústica de edifícios vão, de acordo com as orientações do Instituto Português da Acreditação, efetuar alteração normativa para a nova norma. No entanto, a legislação nacional ainda não contempla o enquadramento para o método das baixas frequências. Como as avaliações acústicas, de acordo com o Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios, devem ser efetuadas por entidades acreditadas, gera-se uma situação de incompatibilidade. Por um lado, a norma NP EN ISO 16283-1:2014 especifica que abaixo de 25 m³ tem de ser aplicado o método das baixas frequências, por outro, a legislação não prevê enquadramento que contemple os índices de adaptação espectral. Esta questão deve ser tratada pelas entidades reguladoras, porque no contexto atual temos uma situação de conflito entre norma e legislação. Ou seja, compartimentos com volume abaixo dos 25 m³ podem ser avaliados pelas entidades que já solicitaram a acreditação deste método de ensaio, no entanto, não pode ser efetuado o seu enquadramento legal porque a legislação não o prevê.

Com a procura de locais para aplicação do método de baixa frequência constatou-se que recintos destas dimensões não são comuns em compartimentos recetores, nomeadamente quartos ou salas, o que vai fazer com que este método seja de aplicação reduzida no universo da construção moderna. Mesmo que haja uma alteração da legislação, serão poucos os locais em que este método terá aplicabilidade, principalmente em construções novas.

Em termos técnicos, o método de baixa frequência vem tornar a execução de um ensaio de medição de isolamento sonoro a sons de condução aérea entre compartimentos, mais complexo e bastante mais demorado, uma vez que requer sempre a aplicação em simultâneo do método de ensaio definido pelo procedimento geral. Esta implicação ainda vem complicar mais a sobrevivência económica dos laboratórios de ensaios. Vários laboratórios suspenderam a acreditação nesta área, dado no contexto nacional várias entidades licenciadoras terem deixado de solicitar a avaliação acústica para emissão das licenças de utilização ou habitação, solicitando apenas um termo de responsabilidade, sem ter por base medições.

5. CONCLUSÃO

Com a realização deste trabalho foi possível constatar que o isolamento sonoro a sons de condução aérea entre compartimentos foi sempre inferior com a aplicação do procedimento de baixa frequência em detrimento da aplicação isolada do procedimento geral.

Pela análise dos resultados obtidos nos nove ensaios realizados, pode-se verificar que apenas três não cumprem com o enquadramento legal previsto pelo Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios, para o parâmetro de isolamento sonoro a sons de condução aérea entre compartimentos, $D_{nT'w}$. Esta situação não é demasiado gravosa, uma vez que os edifícios em causa se reportam a construções com vários anos e apenas os compartimentos alvo dos ensaios dois e sete, é que apresentam valores bastante abaixo do

limite regulamentar 50 dB, apresentando ambos apenas 39 dB. No entanto, quando o enquadramento tem em conta os termos de adaptação espectral, nomeadamente $D_{nT'w} + C_{50-3150}$ ou $D_{nT'w} + C_{tr,50-3150}$, o incumprimento deixa de ser em apenas três compartimentos e passa a ser em seis ou oito, respetivamente. Com este cenário, a maioria das construções da amostra estão em desconformidade regulamentar, se lhes for aplicado o procedimento das baixas frequências.

Esta última análise demonstra que os profissionais da engenharia civil, que trabalhem na área da acústica, devem projetar construções com índices de isolamento superiores, caso a aplicação dos índices de adaptação espectral seja prevista em legislação. Considerando até que a legislação não venha a prever enquadramento para os parâmetros $D_{nT'w} + C_{50-3150}$ ou $D_{nT'w} + C_{tr,50-3150}$, será sempre uma boa prática projetar edifícios com um isolamento acústico superior ao limite legal e com uma certa margem de segurança, para uma melhor qualidade acústica.

A execução em campo do procedimento de baixa frequência torna a realização do ensaio de isolamento sonoro a sons de condução aérea entre compartimentos mais morosa e mais complexa. O número de medições a efetuar duplica com tempos de medição superiores. Devido à reduzida dimensão dos compartimentos é necessário que estes se encontrem vazios, dado que se estiverem mobilados torna-se difícil cumprir as distâncias especificadas.

Embora a norma NP EN ISO 16283-1:2014 tenha por objetivo definir e clarificar uma série de requisitos de ordem técnica, bem como ser aplicável a compartimentos cujo campo sonoro pode ser, ou não, aproximado do campo difuso, ainda falta tornar possível aplicar os distintos métodos em situações reais de ensaios. Ou seja, de nada se beneficia em existir todo um conjunto de procedimentos bem definidos e específicos consoante os compartimentos a ensaiar, quando apenas existe enquadramento legislativo para o procedimento geral.

REFERÊNCIAS

- Decreto-Lei n.º 96/2008. 2008. *Altera o Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios*. Lisboa: Diário da República, 1.ª série - N.º 110 - 9 de Junho de 2008.
- NP EN ISO 16283-1. 2014. *Medição in situ do isolamento sonoro em edifícios e de elementos de construção - Parte 1 : Isolamento a sons de condução aérea*. Caparica: Instituto Português da Qualidade.
- NP EN ISO 3382-2. 2015. *Medição de parâmetros de acústica de salas - Parte 2: Tempo de reverberação em salas correntes*. Instituto Português da Qualidade.
- NP EN ISO 717-1. 2013. *Determinação do isolamento sonoro em edifícios e de elementos de construção - Parte 1 : Isolamento sonoro a sons de condução aérea*. Instituto Português da Qualidade.
- Rosão, V., Silva, J., & Gama, V. 2015. COMPARING RESULTS OF USING ISO 140-4:1998 TO ISO 16283-1:2014. *The 22nd International Congress on Sound and Vibration, 12-16 julho 2015*. Florence: Italy.



Análise Bioclimática em Arquitetura Modernista na Universidade de Brasília

Christine Pinto Lucas

*Universidade de Brasília, Programa de Pós-graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo,
Brasília (DF), Brasil*
tinelucas@gmail.com

Marta Adriana Bustos Romero

*Universidade de Brasília, Programa de Pós-graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo,
Brasília (DF), Brasil*
bustosromero@gmail.com

RESUMO: Considerando-se um cenário de aumento da demanda por ações de reabilitação em edifícios, muitas das quais motivadas pela procura da eficiência energética como modo de se atingir o desenvolvimento sustentável, torna-se ainda necessário agregar múltiplos critérios para se chegar a melhores decisões de projeto. A Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), lançada em programa governamental, poderá servir como incentivo para se buscar a utilização racional de energia nas edificações. Porém, cabe uma reflexão sobre os motivos que originaram toda essa cruzada, além da própria crise energética. Arquitetura inadaptada? Repetição de padrões exteriores à nossa realidade? O objetivo deste artigo é realizar uma análise perceptiva do desempenho bioclimático num conjunto arquitetônico exemplar do período modernista – a Faculdade de Educação da Universidade de Brasília. Para melhor compreensão do objeto de estudo, fazemos uma breve retrospectiva da formação da arquitetura moderna no Brasil, do contexto de Brasília e da universidade, além da caracterização ambiental, antes de partir para o estudo dos edifícios. Destacaremos os atributos ditos modernos e verificaremos sua racionalidade, na medida em que cumprem ou não suas funções. Com o resultado da análise pretende-se estabelecer diretrizes sobre aspectos mais relevantes para conservar e recuperar. A descoberta de parâmetros positivos poderá servir de exemplo para modelos atuais, assim como os negativos deverão servir de lição para não se repetirem. Pretende-se estimular a procura de padrões de sustentabilidade, quer pela redução de soluções consumidoras de energia, quer pelo incentivo à manutenção do patrimônio cultural arquitetônico.

Palavras-chave *Reabilitação, Bioclimatismo, Arquitetura Moderna.*

1. INTRODUÇÃO

A reabilitação de edifícios é uma atividade que tem vindo a adquirir importância crescente na construção civil e engloba várias atividades relacionadas a uma construção existente, como a manutenção, a conservação (incluindo o restauro) e o *retrofit* (modernização de sistemas/ instalações prediais). Pelo enfoque da sustentabilidade, promove-se a reutilização, reciclagem e atualização de edifícios construídos, melhorando seu desempenho funcional e energético.

O aprimoramento constante de leis e incentivos no Brasil, no que tange a regulamentos técnicos sobre o nível de eficiência energética em edifícios e a difusão do sistema de etiquetagem, desde junho de 2014 tornou exigível a obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) para as edificações públicas federais, com área construída acima de 500m², novas ou que forem submetidas a *retrofit*. Este nível de eficiência energética é medido através da aplicação do Regulamento Técnico da Qualidade para edifícios comerciais (RTQ-C), classificando os edifícios pela determinação da eficiência de três sistemas: envoltória, iluminação e condicionamento de ar.

Conforme salienta o próprio manual para aplicação do RTQ-C, disponibilizado pela Eletrobrás/Procel, nenhuma regulamentação, por si, irá garantir um edifício de qualidade. Ademais, o comportamento dos usuários terá papel decisivo para a utilização racional do mesmo. Não se pretende aqui avaliar o regulamento em questão. No entanto, será suficiente a intervenção para reabilitar um bem arquitetônico, voltada apenas à implantação de eficiência energética, limitada à implantação e substituição de equipamentos?

Pretende-se abordar aqui quais as especificidades do patrimônio histórico modernista, relativamente à sua preservação, através da adoção de um estudo de caso representativo deste período. Para tanto, foi escolhido o conjunto arquitetônico da Faculdade de Educação (FE) da Universidade de Brasília (UnB), composto de três edifícios distintos. Não é um bem tombado, porém possui qualidades estéticas e construtivas que o caracterizam como um exemplar da arquitetura moderna pelas suas formas geométricas puras e estruturais, o uso de fachada livre, planta livre, fachada em vidro, *brise-soleil*, concreto aparente, integração do projeto com a natureza e com as artes. Além disso, demonstra a característica de incorporar alguns preceitos vernaculares à interpretação modernista, encontrados em alguns exemplos da escola brasileira.

Para um melhor planejamento na reabilitação de edifícios, a aplicação dos princípios bioclimáticos poderá ajudar, alcançando maior abrangência de critérios: adequação formal e funcional, adaptação ao ambiente e respeito ao contexto social, levando-se em consideração as premissas projetuais, o seu valor histórico e cultural.

1.1 Arquitetura Bioclimática

A arquitetura bioclimática consiste na abordagem holística do objeto arquitetônico. Procura aproveitar ao máximo os recursos naturais – orientação solar, ventilação natural, vegetação, materiais construtivos locais, etc. – para garantir uma temperatura e qualidade do ar interior adequados ao conforto ambiental no edifício, sem que para isto recorra a um elevado consumo energético. Encontramos na arquitetura vernácula bons exemplos do

bioclimatismo, onde povos se adaptaram ao seu sítio de origem utilizando tradicionais conhecimentos da natureza.

Romero (2015a) define que a concepção bioclimática é aquela que abriga princípios de desenho que utilizam, fundamentalmente, a adequação ao lugar e à cultura do lugar. Acrescenta que esta concepção leva em conta os elementos do meio onde o espaço construído está inserido, procurando o seu acondicionamento natural através da utilização da avaliação integrada dos elementos térmicos, da luz, do som e da cor. Consequentemente, o resultado da aplicação desses princípios no desenho urbano “inevitavelmente deverá demonstrar domínio histórico, cultural, ambiental e tecnológico.” (ROMERO, 2015a, p.401)

A partir do enfoque bioclimático, intervenções em edifícios tidos como “de interesse”, que, devido às suas características projetuais e construtivas representam um período histórico, contendo valores artísticos e/ou sociais, deverão ser alvo de cuidadoso estudo, mesmo que não o sejam oficialmente reconhecidos.

1.2 Arquitetura Moderna no Brasil

O patrimônio arquitetônico modernista, tendo sua gênese mais recente em comparação a outros períodos históricos, ainda está em processo de incorporação de valores e reconhecimento por parte do público em geral e por grande parte dos agentes profissionais envolvidos nos cenários de intervenções a ele direcionadas.

Paulo Santos (1977) definiu o Movimento Moderno na tradução de um objetivo principal, que era “o de integrar a Arquitetura e o Urbanismo nas novas condições técnicas, econômicas e sociais impostas pela revolução industrial” (SANTOS, 1977 p.116). Foi o funcionalismo, tendo como seu representante Le Corbusier, a corrente de maior expressão no Brasil.

Conforme afirma Santos (1977), o racionalismo e o funcionalismo da nova arquitetura, proclamando que o projeto arquitetônico deveria ter a precisão de uma fórmula matemática, porém, ficara aquém na teoria. A mera transposição de modelos nórdicos, construídos em pleno clima tropical, resultara em falhas de concepção nos primeiros exemplares dessa incipiente arquitetura, posicionando grande parte da opinião pública resistente ao novo paradigma.

A incorporação dos preceitos modernistas na arquitetura brasileira não foi pacífica ou “natural”, nem acabou por atender aos interesses da população em geral. A ideologia acabou sendo fortemente utilizada para propaganda do Estado, que pretendia dar ao país uma aparência de modernidade e progresso.

A adoção de modelos construtivos externos sem a devida crítica teve – e ainda tem – o seu custo ambiental, revelado pela inadaptação climática e pelo alto custo financeiro gerado pela construção, citando, por exemplo, materiais de fabricação não local, carência de mão de obra especializada, etc., e pela operação dos edifícios e cidades que demandam alto consumo energético.

2. CONTEXTUALIZAÇÃO: BRASÍLIA E A UNIVERSIDADE

Como importante marco da revolução modernista brasileira, surge a construção de Brasília, inaugurada em 1960 com projeto urbanístico de Lucio Costa. Era uma proposta arrojada, totalmente moldada nos critérios racionais, monofuncionais, de zoneamento e circulação de cidades modernistas (TAVARES, 2007).

Mesmo enfrentando muitas críticas, mas sem negar a sua excepcionalidade e simbologia para o urbanismo mundial, em 1987 o Plano Piloto de Brasília é declarado pela UNESCO como Patrimônio Cultural da Humanidade. Além de ser a maior área tombada do mundo, Brasília é o único conjunto urbanístico contemporâneo atribuído com essa distinção.

A implantação da capital federal foi cuidadosamente escolhida: estabeleceu-se num sítio convexo, aberto à influência dos ventos dominantes e cujo clima era o mais ameno dos planaltos. Para compensar a tendência à baixa umidade, foi construído um grande lago artificial, próximo do qual se desenvolveu a cidade.

Dentro do Plano Piloto de Brasília, a Universidade de Brasília (Fig. 1) localiza-se numa área destinada à escala bucólica, fazendo parte do que hoje se define como conceito de cidade-parque. A configuração do *campus* universitário adotada inicialmente previa o predomínio de extensas áreas verdes livres e grandes distâncias entre os edifícios.

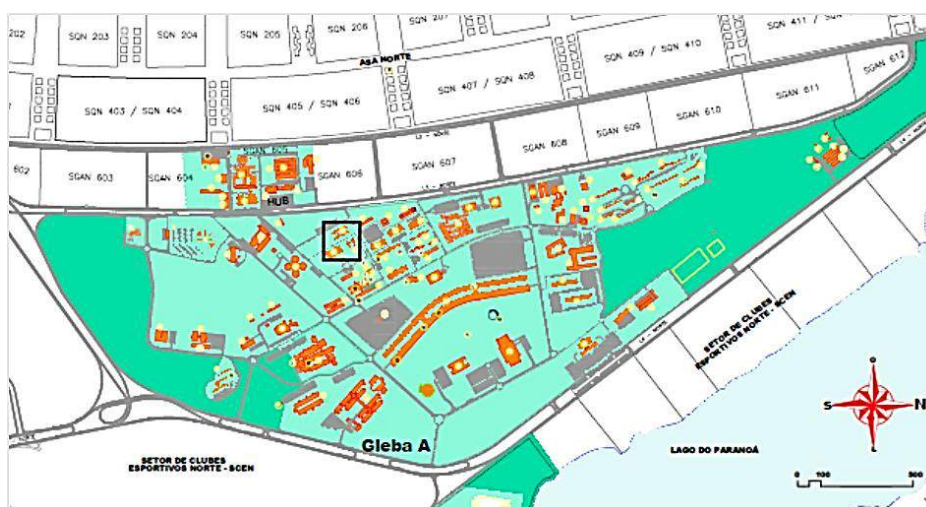


Figura 1. Planta de situação do *campus* Darcy Ribeiro - UnB, com destaque para os três prédios da FE. Fonte: Prefeitura do *campus* (adaptado por Christine Lucas)

2.1 Caracterização Ambiental

Brasília faz parte da região conhecida como Planalto Central, situa-se a 15°47' de latitude sul, tem cerca de 1000 metros de altitude e possui relevo predominantemente plano. Seu clima conta com a ocorrência de duas estações principais: uma quente-úmida, que geralmente começa em Outubro indo até início de Maio e, a seguir, uma seca, que pode durar até cinco meses, correspondendo ao inverno.

Em virtude de sua continentalidade e de sua altitude, possui grande amplitude térmica diária, que se agrava na época seca. Conforme avança este período e também por

influência da excessiva urbanização, os índices de umidade relativa do ar podem registrar níveis muito críticos, aproximando-se de 10%.

Conforme cita Romero (2015b), a radiação solar atinge valores elevados durante todo ano. No verão, apresenta-se mais intensa e difusa do que no inverno, quando predomina a radiação direta. Os ventos dominantes provêm do leste e sudeste, especialmente na seca, e do noroeste durante o verão chuvoso.

Propomos assim uma definição dos elementos climáticos a serem controlados (tabela 1) no espaço construído em Brasília:

Tabela 1. Elementos do clima a serem controlados (adaptado de ROMERO,2015b)

Elementos	Estratégias
Temperatura	Reduzir a produção de calor em razão da condução e da convecção dos impactos externos na época seca diurna.
Ventos	Aumentar o movimento do ar no período úmido e no seco sem poeira.
Umidade	Aumentar na época seca diurna e noturna.
Radiação solar	Reduzir a absorção da radiação e promover as perdas no período mais quente. Reduzir as perdas por radiação nas noites no inverno.

3. ANÁLISE DO EDIFÍCIO

Alcides Rocha Miranda, em colaboração com José Manoel Kluft da Silva e Luís Humberto Pereira, projetou os três prédios da Faculdade de Educação (FE), que foram os primeiros edifícios de ensino a ficar prontos no *campus*, com a participação também de mestres e alunos (FROTA, 1993).

A equipe optou neste projeto por dividir a Faculdade em três edifícios menores, ao invés de criar um único edifício institucional. O conjunto arquitetônico compõe-se de três blocos (Fig. 2), assim denominados: FE1, que abriga salas de aula, sala de professores, departamentos e laboratórios; FE3, destinado à administração da Faculdade de Educação, contudo também abriga departamentos e laboratórios; e FE5, composto por um auditório, salas de aula e laboratórios.

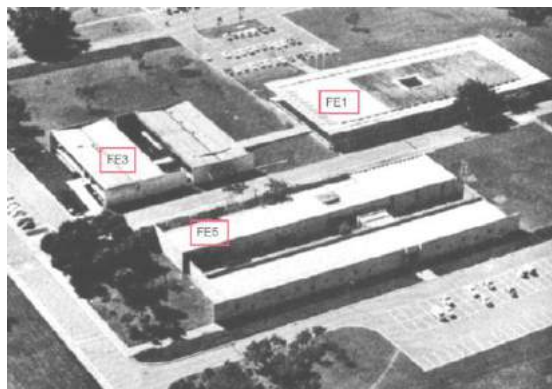


Figura 2. Vista geral dos prédios da Faculdade de Educação. Fonte: UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, 1974, p.61. (adaptado por Christine Lucas).

Na época de sua construção, o ambiente exterior era autêntica *tabula rasa*, em decorrência da pouca idade de Brasília: quase nenhuma vegetação, insolação sem barreiras, muito pó ou muita lama (a depender da estação do ano). Tendo este fato em vista, assume-se que o arquiteto concebeu, com exceção do FE1, os blocos FE3 e FE5 “fechados” ao exterior, desenvolvendo-se ao redor de grandes pátios internos ajardinados. Revela com isso, também, o caráter mais “extrovertido” do FE1, que normalmente se espera um edifício para utilização dos estudantes, ao contrário dos dois outros prédios, de utilização mais administrativa e institucional.

3.1 FE1

O FE1 é considerado o principal do conjunto (Fig. 3). Tem planta retangular, “circundado por varanda, espécie de peristilo. As salas (de aula) com parede de vidro, abrem-se para esta varanda, protegida por *brise-soleil* de alumínio pivotante, que não encosta nem na cobertura nem no piso.” (FROTA, 1993, p.146). Este grande alpendre, elevado do solo, reproduz, em linguagem modernista, uma solução muito utilizada na arquitetura rural colonial. Atualmente, é um local de convívio entre os estudantes.

A cobertura da varanda constitui-se de uma laje ascendente desde o corpo principal do prédio até o perímetro externo. Esta configuração concede um aspecto de esbelteza ao edifício, além de favorecer o movimento da ventilação natural. Há um pequeno pátio interior no centro da edificação, com jardim e pérgola, acessível para as duas salas da faixa central.

As maiores fachadas são as correspondentes às salas de aula e orientam-se a NE e a SW, e são guarnecidas com brises no alinhamento externo da varanda, além de possuírem grande beiral. Os acessos se dão pelas fachadas NW e SE, formando um eixo central e duplo de circulação. Estas últimas fachadas são revestidas por painel artístico de azulejos.

A estrutura se distribui numa malha ortogonal e as paredes que dividem a sala de aula são feitas de elementos removíveis, caracterizando o uso da planta livre (fig. 4).



Figura 3. FE1, fachadas NE e NW. Foto: Pedro Ferreira de Andrade.

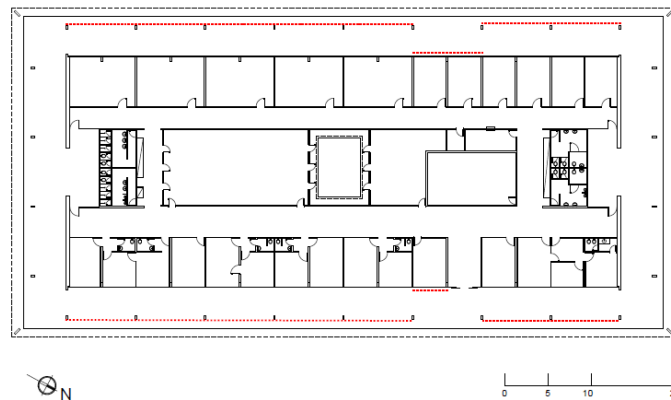


Figura 4. Planta baixa FE1. Fonte: Prefeitura do *campus* (adaptado por Christine Lucas).

3.2 FE3

O edifício é o único do conjunto que tem dois pavimentos; porém o piso inferior é semienterrado. Sua planta tem forma quadrangular (fig. 6) e as salas se distribuem em três faixas. A faixa central é ocupada integralmente por um pátio ajardinado e pergolado, no nível do pavimento inferior. No trecho em que a circulação atravessa o jardim, suas paredes são de vidro em ambos os pavimentos, propiciando integração visual.

A estrutura é mista, contendo pilares recuados das fachadas, vigas invertidas e paredes autoportantes, facilitando a localização das divisórias interiores. Todas as paredes exteriores são de concreto aparente e atualmente pintado de branco (PUHL, 2010).

As fachadas NE (fig. 5) e SW são praticamente cegas, autoportantes e ultrapassam horizontalmente as fachadas contíguas, formando um interessante jogo de interseção de planos. As orientações SE e NW, por onde se dão os acessos, são paredes de vidro, cujas respectivas coberturas são ligeiramente projetadas para além das esquadrias, possibilitando sombreamento para as mesmas. O alçado NW conta também com brises para proteção solar, assim como os compartimentos que dão para o pátio interior na mesma orientação.

O pavimento inferior é alcançado somente por meio de duas escadas e, infelizmente, não existem rampas ou meios mecânicos para o acesso de pessoas com necessidades especiais, visto que não era uma preocupação corrente no período de sua construção.



Figura 5. FE3, fachadas NE e NW. Foto: Christine Lucas, 2016.

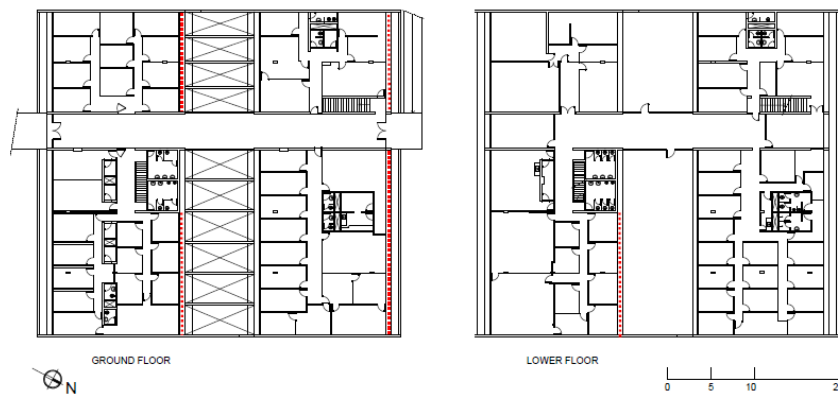


Figura 6. Planta baixa FE3 pavimento Térreo e Inferior. Fonte: Prefeitura do *campus* (adaptado por Christine Lucas).

3.3 FE5

O FE5 segue um padrão formal semelhante ao FE3. Divide-se em duas alas intermediadas por uma faixa de jardim, em toda a extensão. As fachadas NW e SE são cegas, e as NE (fig. 7) e SW têm apenas pequenas aberturas, protegidas exteriormente por venezianas. Os planos das fachadas NE e SW ultrapassam horizontalmente o limite dos alçados adjacentes com mais acento que no FE3 (fig. 7).

O prédio tem planta retangular (fig. 8). A estrutura é de paredes autoportantes (PUHL, 2010) de concreto aparente, também pintado de branco. A fachada voltada para o pátio interno (NE), onde se encontram as salas de aula, contam com um pergolado para sombreamento.

Este bloco abriga ainda um auditório, onde foi realizado o ato solene da cerimônia de inauguração do *campus*, em 21 de abril de 1962. O projeto contempla uma antecâmara ao redor das paredes laterais para passagem de instalações (fig. 8).



Figura 7. FE5, parcial da fachada NE. Foto: Christine Lucas, 2016.

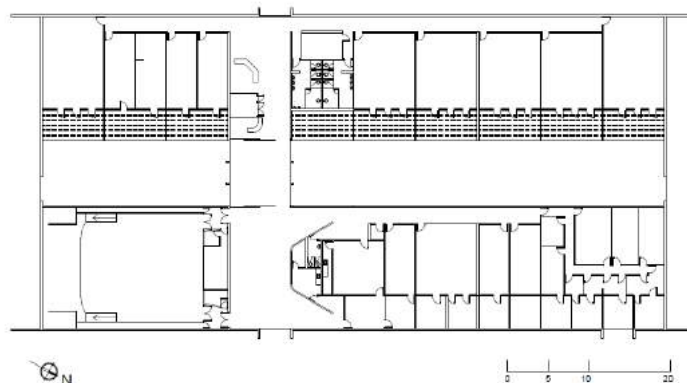


Figura 8. FE5, planta baixa. Fonte: Prefeitura do *campus* (adaptado por Christine Lucas).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar dos principais lemas da arquitetura moderna ter sido a descontinuidade e o rompimento com o passado, podemos verificar na arquitetura pioneira de Alcides Rocha Miranda uma integração do vocabulário nativista reinterpretado com espírito moderno (FROTA, 1993). O uso de elementos como o pátio interior, que leva a natureza para dentro da obra; o grande alpendre, que protege o espaço e marca o ritmo; e finalmente o brise-soleil, à maneira do tradicional muxarabi que filtra a luz e permite a ventilação, refletem esta postura.

O arquiteto conseguiu em grande parte utilizar o repertório modernista, na obra analisada, sem desconsiderar os preceitos da arquitetura bioclimática. Optou por não condicionar totalmente o conjunto a orientações absolutas, mas procurou solucionar os problemas conforme se apresentavam na implantação escolhida.

Um dos maiores desafios da arquitetura contemporânea nas regiões tropicais é o uso indiscriminado do vidro, gerando a necessidade de um grande consumo de energia para acondicionar os ambientes dentro da zona de conforto, durante a maior parte do ano.

Apesar de permitir a fruição da vista e maior integração com a natureza e o ambiente exterior, é uma solução que exige alto investimento para ser operativamente viável em longo prazo. O autor não abriu mão do preceito das paredes de vidro no seu projeto, procurando agregar, da melhor maneira que pôde, os dispositivos de controle solar.

Outra situação a considerar com alguma relevância no movimento moderno, e, ainda nos dias atuais, é a consagração da geometria, através da preferência pelas formas puras, resultando, por exemplo, no uso disseminado da cobertura plana. No caso em estudo, as principais consequências são a necessidade constante de manutenção, seja para manter a correta drenagem de águas pluviais, seja para recuperação das fachadas, que se deterioram mais rapidamente devido à ausência de beirais.

A partir desta pesquisa, pretendemos chamar a atenção para algumas considerações que se devem ter para planejar uma ação de reabilitação em casos semelhantes, baseados no presente objeto. Desta forma, apresentam-se a seguir (tabela 2), as principais diretrizes gerais, assim consideradas pelo enfoque bioclimático e energético:

Tabela 2. Diretrizes

Componentes	Ação
Revestimento exterior	Recuperar autenticidade: remover a pintura e deixar o concreto original aparente, com sua recuperação caso necessário.
Paredes de vidro	Verificar possibilidade de substituição por caixilhos mais eficientes e seleção de tipo de vidro com cor e parâmetro de absorção e transmissão mais satisfatórias.
Proteção solar	Recuperar brises e demais dispositivos bioclimáticos.
Cobertura	Promover a ventilação das coberturas, o seu isolamento e impermeabilização.
Iluminação	Substituir por sistemas mais eficientes e mais econômicos.
Condicionamento de ar	Substituir por sistemas mais eficientes e mais econômicos, separados por ambientes. Deslocamento de unidades das fachadas que possam causar descaracterização.
Equipamentos sanitários	Adotar equipamentos que reduzam o consumo de água.
Acessibilidade	Adequação à legislação vigente somente dentro do limite de impedir a descaracterização arquitetônica. As novas intervenções deverão interferir o menos possível na espacialidade existente, e devem estar marcadas e destacadas da construção original.
Ambiente exterior	Projeto paisagístico que valorize a arquitetura e o convívio social. Utilização de vegetação que reduzam o impacto solar no edifício e colaborem na manutenção da umidade do ar.
Conforto ambiental	Procurar utilizar programas de simulação computacional que possam avaliar de maneira mais precisa os índices referentes à insolação, temperatura e ventilação existentes e testar soluções propostas.

Como referido inicialmente neste trabalho, o comportamento dos usuários terá papel decisivo para a utilização racional do edifício. O reconhecimento e a valorização da obra dentro do contexto do patrimônio histórico modernista já seria parte do caminho para a sua conservação.

A nova concepção arquitetônica, para ser sustentável, deve ter perspectiva integradora e interdisciplinar. Portanto, não se mostra suficiente a reabilitação fragmentada, visando apenas à economia de energia, sem se levar em conta o enfoque ambiental, social e histórico. A preservação do patrimônio cultural arquitetônico é alcançada na medida em que se promove a sua atualização e adequação ao uso, sem proporcionar a sua descaracterização.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Eletrobrás. Procel Edifica. 2015. *4.1 Manual RTQ-C. Manual para Aplicação do RTQ-C. Versão 2.*
- FROTA, Lélia Coelho. 1993. *Alcides Rocha Miranda: caminho de um arquiteto.* Rio de Janeiro: Ed. UFRJ.
- PUHL, Liege Sieben. *Alcides da Rocha Miranda - Projetos e Obras (1934-1997).* 2010. Dissertação de Mestrado. Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura. Porto Alegre: UFRGS.
- ROMERO, Marta Adriana Bustos [et. al.] 2015a. Estratégias Bioclimáticas de Reabilitação Ambiental Adaptadas ao Projeto. In *Reabilitação Ambiental Sustentável Arquitetônica e Urbanística – Registro do Curso de Especialização Reabilita.* 377-430. Brasília: Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo.
- ROMERO, Marta Adriana Bustos. 2015b. *Arquitetura Bioclimática do Espaço Público.* Brasília: Ed. Universidade de Brasília.
- SANTOS, Paulo F. 1977. *Quatro Séculos de Arquitetura.* Valença: Ed. Valença.
- TAVARES, Jeferson. 2007. *50 anos do Concurso para Brasília – Um breve histórico.* Vitruvius, Arqtextos, ano 08, n. 086.07. Disponível em <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arqtextos/08.086/234>. Acesso em 26.05.2016> acesso em 26 Mai. 2016.
- UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA. Plano de Desenvolvimento Físico, 1974.



Gravimetric Analysis as an Environmental Education Tool at the Polytechnic School of the University of Pernambuco

Juan Deyvson José Camillo da Silva

University of Pernambuco, Civil Engineering Department, Recife (PE), Brazil

juandeyvson@hotmail.com

Juliana Ferreira Bezerra Moccock

University of Pernambuco, Civil Engineering Department, Recife (PE), Brazil

julianamoccock@hotmail.com

Bárbara Virginia Pereira Cavalcanti

University of Pernambuco, Business School - FCAP, Recife (PE), Brazil

bv_15@hotmail.com

Emilia Rahnemay Kohlman Rabbani

University of Pernambuco, Civil Engineering Department, Recife (PE), Brazil

emilia.rabbani@upe.br

ABSTRACT: The aim of this study was to map, quantify, and characterize the solid waste generated by the Polytechnic School of the University of Pernambuco (POLI/UPE), and use the data to raise the academic community's awareness as to its social and environmental role. Initially, the school infrastructure for waste collection was mapped and two gravimetric analysis tests were conducted in order to identify and quantify the waste components generated by POLI students, faculty, and staff. To assess the level of environmental awareness in the POLI community and survey the degree of adherence to selective disposal, a 2016 project carried out at the institution on the importance of environmental education, environmentally sound practices, and how well students assimilated the ideas of sustainable actions in engineering design. From the gravimetric analysis, it was found that 73% of the waste could be recycled, a higher percentage than that of recyclable materials produced nationally. It was also noticed that non-recyclable waste consists of organic matter and toxic contaminants. After analyzing the results, it is clear that developing an environmental management system, with support from the institution's administrative offices, could be a potential strategy to raise awareness within the POLI community regarding the correct disposal of waste, as well as the proper destination of such material. This study prompted the creation of several initiatives led by research and extension projects, which were the starting point for evaluating and implementing those initiatives at the studied institution.

Keywords *Environmental education, higher education institution, solid waste, gravimetric analysis.*

1. INTRODUCTION

The techniques and production methods used in the construction industry have been modernized over time to take into account scientific advances and increased competitiveness. With these advances, man has had to increasingly coexist with environmental waste, augmenting the need to prepare professionals to consider the environmental, social and economic impacts of sustainability on their decisions and projects (Kohlman Rabbani et al. 2013).

In this context, the Higher Education Institutions (HEIs) play an important role, being responsible both for the advancement of scientific knowledge and the development of new technologies, as well as the training of future professionals. Solid waste management plans at these institutions, therefore, can be seen as a new phase of academic management work. This includes actions such as decision-making, policies, and strategies associated with institutional, operational, financial, social, educational, and environmental factors beginning with waste generation until the final disposal of waste generated by academic activities (Conto, 2010).

The identification of the various constituents of solid waste generated by a community, as well as an analysis of them as a percentage of volume and weight, emerges as an educational tool for schools and universities, since those institutions can consume large amounts of resources and produce considerable quantities of waste.

The complexity of waste management at the Polytechnic School of Pernambuco (POLI/UPE), located in the city of Recife, can be explained by the wide variety of environments, including but not limited to classrooms, meeting rooms, laboratories, a canteen, and administrative offices. The institution graduates about 211 students annually in several areas of knowledge: construction, computing, electronics, electrical engineering, telecommunications, mechanical engineering, and automation and control (Escola Politécnica De Pernambuco, 2012).

According to Risso (1993), the characterization of waste allows for the identification of its constituents and it also can assist in proposing environmental education programs, which can lead to green initiatives and community actions. In order to evaluate the perception of future engineers and sensitize the academic community to the possible environmental and social problems caused by their activities, it is necessary to assess the academic community's adhesion to selective collection, waste donation campaigns, and the degree of environmental awareness and eco-friendly consumption.

With this in mind, a couple of questions should be asked: what is the profile of the graduate student, compared to the societal expectation of being able to deal rationally and sustainably with environmental issues? How do academic classes contribute to new professionals forming a distinct approach to designing their projects, contracts, inspections, maintenance and the disposal of waste generated in their work areas?

The purpose of this article is to show the academic community the characterization and mapping of solid waste produced at POLI/UPE, analyzing the flow of such waste through the phases of generation, storage, collection, and finally disposal. Through gravimetric composition testing, the various constituents of the waste will be indentified and

quantified as a percentage of weight, and data will be provided to establish guidelines for the implementation of an effective selective collection process at the institution.

2. LITERATURE REVIEW: GRAVIMETRIC ANALYSIS AS AN EDUCATIONAL TOOL IN ENGINEERING

According to Polito (2004), engineering is the art of applying scientific knowledge to invention, improvement or use of industrial technique in all its determinations. However, the benefits generated for society, such as improved health, longevity, comfort, and alimentation brought, in return, rampant population growth, overconsumption, and negative impacts such as environmental degradation and pollution which now plague the urban-industrial society (Braga, 2007).

In this scenario, environmental education is presented as a basic instrument for the conscious use of natural resources. In Environmental Education (EE), there is a widespread policy with respect to solid waste that focuses on the three R's: reduce, reuse, and recycle. As Bonelli (2015) stated, the first "R" implies reducing the consumption of everything that is not really necessary. The second "R" means the reuse of products in other ways, and the last "R" is recycle: the process of producing new things from others already used. The latter term can also be defined as the action or recycling process that converts solid waste by changing its physical, physical-chemical or biological properties, resulting in new raw material (Brasil, 2010).

According to Santos and Sato (2001), several conferences have been held to discuss the role of the university, seeking alternatives that would boost the inclusion of environmental education in higher education. Because issues such as practical aspects, as well as managerial, administrative, social, and environmental expertise are poorly explored in the classroom, as Danna (1996) pointed out, the characterization of solid waste can be seen as an environmental education tool at the educational institution. This characterization procedure examines the relationship between the weight of each component present in the sample and the total weight of the sample.

For Boscov (2006), the gravimetric composition assay is one of the characteristics that most influences the geo-mechanical properties of waste, since once the profile of the mass has been determined, one can evaluate the possibility of using both the recyclable fractions and the organic matter to produce organic compound, both of which can be used for marketing.

The waste characterization process is not standardized in Brazil, and because of its heterogeneity, it is not considered a simple procedure. To perform the characterization process, it is necessary to sample the waste, a procedure that is standardized in Brazil by ABNT NBR 10.007/2004. According to Loureiro (2005), gravimetric analysis may be described in the following steps:

- Select samples of loose waste from different areas of collection, to find results that are as representative as possible;
- Mix samples with the help of shovels and hoes in the same "lot", ripping up plastic bags, cardboard boxes, cases, etc.;

- Divide the mass of waste into four parts. One of the resulting quarters is chosen for a new four-piece division, and so forth, a procedure called quartering. The quartering must cease when the volume of each of the parts is approximately 1m^3 . One of the four parts of the material must then be separated for analysis;
- Choose five containers of known weights (200-liter drums, used to store oil, are ideal);
- Fill the containers to the brim with garbage from the selected "quarter";
- Choose two trash barrels and separate the components manually: paper and cardboard; plastic; wood; leather and rubber; cloth and burlap; leaf, bush and antlered; organic matter (food waste); ferrous metal; non-ferrous metal (aluminum, copper, etc.); glass; crockery, ceramic and stone; and fine aggregate, i.e. all material that passes through a one-inch mesh sieve, consisting of dust, dirt, grains of rice, etc.; and
- Determine the weight of each of the separate materials. Finally, through simple mathematics, the percentage by weight of each component is obtained. This is called the gravimetric composition of the waste.

3. METHODOLOGY

In order to identify problems in disposal, storage, and collection of waste, a literature review was conducted prior to the mapping of the main sectors of POLI/UPE. An infrastructure survey was carried out, quantifying the buildings in the institution, and verifying how trash bins are positioned around the school.

To quantify each component of the waste, gravimetric composition tests were performed in July and December of 2015. Prior to the tests, meetings and training with the cleaning staff were held, in order to instruct the person responsible for cleaning to collect all waste produced at the institution during a 24-hour period.

In order to sample material for the gravimetric composition tests, the quartering method established by NBR 10.007/2004 was followed, with adaptations. The first test was carried out with waste from the previous day's collection, with the help of POLI's cleaning staff. A 600 g drum and a 122 g bucket were chosen as containers. They were filled to the brim with residue from the "quarter" and then the weight of the mass of waste from each sampled block was determined with the aid of the following scales: SCA-301, SCA-pocket and an electronic scale. For the second test, only the 600 g barrel was used as a container along with a digital luggage scale.

The gravimetric composition tests were performed in a standardized manner and followed the methodology used by Loureiro (2005), already mentioned in this paper. Finally, using the mathematical rule of three, the percentage by weight of each component was obtained, i.e. the gravimetric composition of the residue. This information was compiled based on the buildings and material types. Graphs were generated from this data and statistical tools were applied to identify the parameters interesting to the study.

In order to assess the degree of environmental awareness of POLI's undergraduate and graduate students, a questionnaire was developed and applied from September to October 2015, containing 20 questions on the importance of environmental education, environmentally sound practices, and the students' assimilation of knowledge regarding

sustainable practices in engineering. A total of 360 students were interviewed, and data was compiled using the Google Forms tool. A thorough analysis of students' perceptions can be found in Kohlman Rabbani et al. (2016, in press), where the authors discuss the students' profile, their behavior with regard to waste disposal, their perception of environmental content covered in the engineering classes, their interest in participating in the selective collection and campaigns for waste donation, and their degree of understanding about the elements of sustainability in engineering projects.

4. INFRASTRUCTURE AND WASTE CHARACTERIZATION AT THE POLYTECHNIC SCHOOL OF PERNAMBUCO

In northeastern Brazil, Pernambuco stands out for its potential in various productive and technological areas in addition to its large research and educational institutions, such as the University of Pernambuco (UPE), one of the state's most important higher education institutions. UPE currently consists of 13 colleges, distributed across various regions of the state. One of them is the Polytechnic School of Pernambuco (POLI), recently named the 16th best engineering college in northeastern Brazil, according to Folha de São Paulo (2015).

Throughout the engineering programs, which are five years long, POLI offers a set courses composed of a basic cycle plus specific courses that contribute to professional education, addressing directly or indirectly the engineer's responsibility in a society that increasingly requires sustainable development. The school is composed of 10 buildings lettered from A to G, in which are distributed administrative offices, departments for extension activities, scientific research areas, graduate programs, meeting rooms, lecture halls, study areas, laboratories, an auditorium, a library, a student union, parking spaces, and a small area equipped with benches and tables where students can get together to talk, study, play, and eat quick meals in intervals between classes. Currently, POLI contains approximately 4000 people, comprising students (3600 from undergraduate and graduate programs), teachers (147), and employees (43) (Escola Politécnica de Pernambuco, 2012). For a clearer understanding of the infrastructure mapping, a blueprint of POLI is shown in Figure 1.



Figure 1. Blueprint of POLI.

According to data obtained through the infrastructure survey, 204 trash bins were counted, distributed among all buildings. It is noteworthy that each building has many different rooms and specific areas, and therefore the results shown below are directly connected with how trash bins are set at each point within the buildings. Graphically, Figure 2 shows the quantity of bins per building. It was also noted that most of the buildings have some sort of recyclable material bins such as those for paper, metal, and plastic. Bins for recyclable glass were not found in any of the visited buildings.

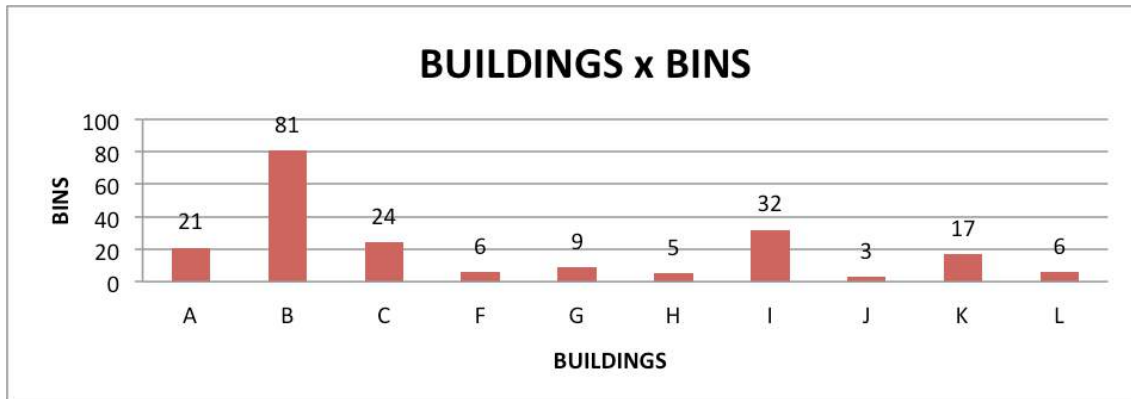


Figure 2. Trash bins per building.

In the first gravimetric composition assay performed at POLI, during school holidays, 12.75 kilograms of waste were collected. This waste consisted of 9.31 kg of recyclable materials (4.72 kg paper, 2.93 kg laminated packaging, 0.89 kg plastic, 0.77 kg metal) and 3.44 kg of waste. It is important to point out that the waste collected was only about 80% of the total actually produced by the institution, given that some sectors have individualized collection services (e.g. graduate program offices).

From graphical analysis of gravimetric composition, shown in Figure 3, it was observed that 73% of the residual mass is recyclable. This percentage may highlight the amount of laminated packaging residue found, which, although classified as recyclable, have a very high cost of integration back into the productive chain. This material is often considered as waste due to the lack of machines with the technology to separate the types of materials that make up its various layers. Because there are no qualified companies in Pernambuco, this kind of waste is destined to end up in landfills.

Also shown in the chart, about 27% of all waste was found to be potentially recyclable. The presence of such waste complicates and increases the cost of the sorting process, because once mixed with recyclable materials, they will be sent to landfills. This will end up harming the entire process, because only a portion of the materials can be sent to the cooperative collectors and to recycling. The collection and sorting process would be more profitable if the academic community were aware of its role in the proper management of waste, and took responsibility for its proper segregation and disposal.

In the second gravimetric composition assay, 46.35 kg of residue were collected, from which 17.92 kg were recyclable materials (11.16 kg plastic, 6.64 kg paper, 0.10 kg metal, 0.020 kg laminated packaging), 11.76 kg were organic waste, and 16.68 kg were waste

with no recycling potential. It is worth mentioning that, as in the first assay, the data collected was considered to be approximately 80% of the total actually produced by POLI.

According to the graph shown in Figure 4, approximately 26% of the mass of residue consists of organic waste, due to the opening of a new cafeteria at the institution. This new reality brings another challenge to the academic community regarding organic waste disposal, that is, rather than discard it along with non-recyclable waste, it can be used in the composting process.

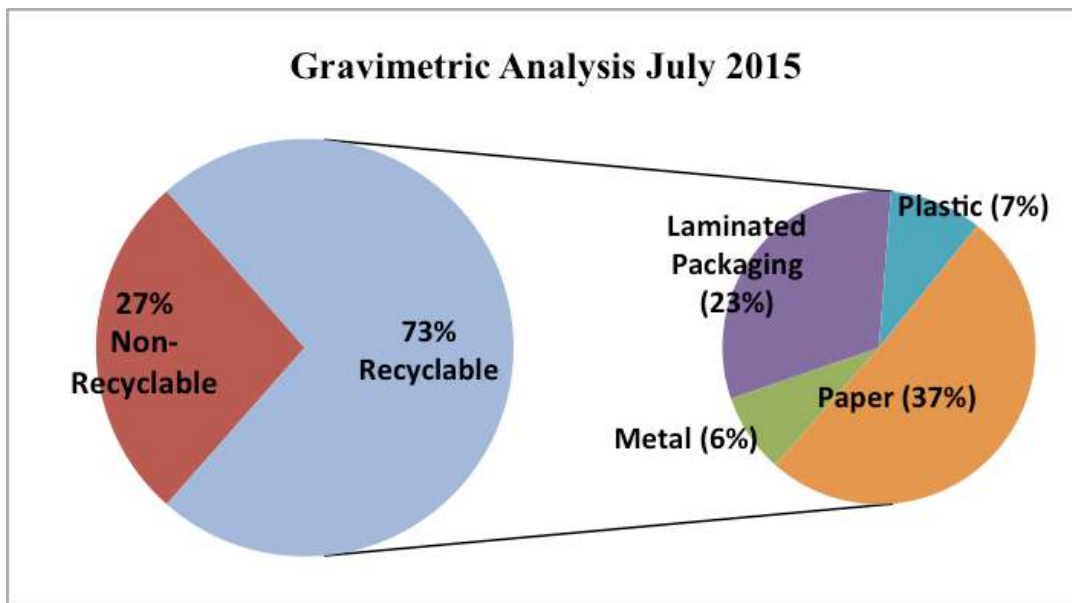


Figure 3. First gravimetric analysis assay.

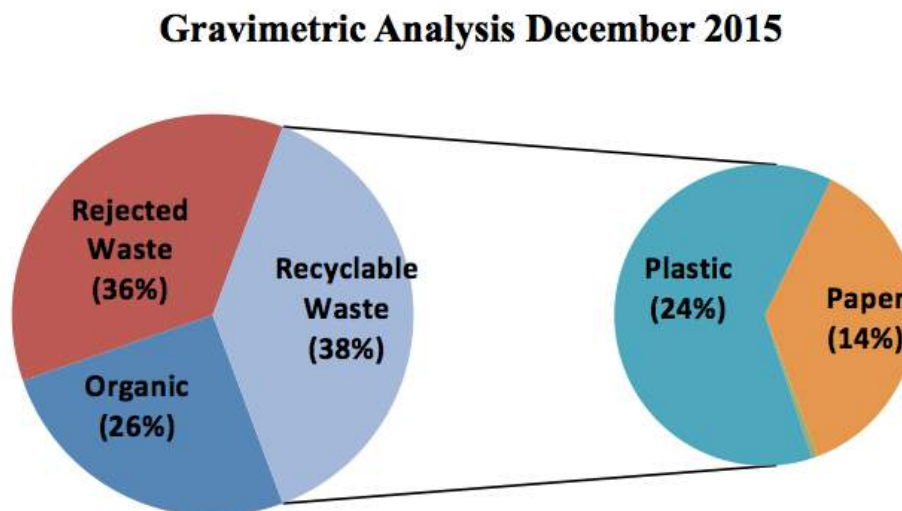


Figure 4. Second gravimetric analysis assay.

The strategy of using questionnaires to understand the target research audience was based on Fantinatti et al. (2015). According to the authors, the analysis of the questionnaires will improve the understanding of the academic community, and the

development of tools and strategic methodologies will allow a better comprehension, not only of the environmental aspects, but also the social, cultural, and scientific aspects at POLI.

From the questionnaire, some questions are noteworthy because they reflect the lack of students' knowledge on the material that is disposed at the institution and could be reinserted into the productive chain, reducing the amount deposited in landfills as well as the amount of new raw materials extracted. According to Figure 5, from a total of 365 students who answered the survey, only 30.7% have a real sense of the quantity of waste generated at POLI that could be recycled (between 50% and 80%). It was also observed that for over 30% of the students, the amount of potentially recyclable waste is only between 0 and 20%.

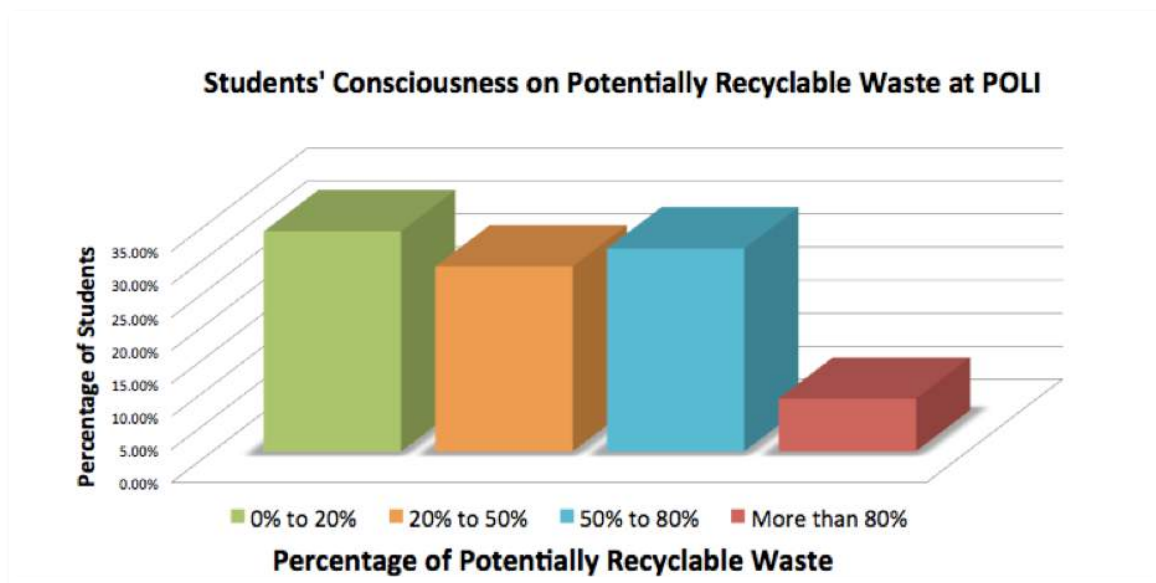


Figure 5. Students' knowledge about recyclable waste at POLI. Source: Kohlman Rabbani et al. (2016, in press).

5. RESULTS AND ANALYSIS

The data presented made it possible to verify a wide variety of materials that compose the common waste at POLI. According to the data obtained in the study, the institution currently has an average potential of 64.0% of recyclable material during the time when school is in session, representing an average of 46.35 kg of waste per day and 9270 kg per year. However, this residue has been entirely destined to landfills and is not being reused as raw materials in other production cycles.

During the characterization process, it was perceived that perhaps a lack of signposting for trash bins, infrastructure for proper disposal in classrooms and laboratories, and information about what to do with waste may be causing people to improperly dispose of it.

Therefore, the characterization method was an important tool to better understand the origin, composition, and disposal of common solid waste generated at the Polytechnic School of the University of Pernambuco. However, it is important for this process to be

repeated periodically, considering factors that influence the generation of waste, such as seasonality, occupancy rate of dependencies, separation at source, academic community habits, sectorization by academic center, and the holding of academic events.

In order to know the professors' opinion toward sustainable practices in terms of engineering design, an interview was conducted in which it was noticeable an emphasis on suggestions such as selective waste collection, savings in paper consumption, reducing energy and water consumption, campaigns for proper disposal of produced waste, and proper disposal of waste requiring special treatment, such as batteries, oils, etc. Most of the professors claim that these sustainable actions should be practiced in schools and civil engineering companies.

Through a survey applied with students of the HEI, it was found that most of them considered as sustainable practices and supported the following actions: a selective collection system deployment (support of 98% of students) and the installation of electronic and cooking oil collection points (support of 83% of students).

6. CONCLUSIONS

In light of the data obtained, it is suggested that the first measure to be taken should be the identification of bins and collectors to separate two types of waste, recyclable and organic, as well as the placing of illustrative posters above each collector with images indicative of each type of waste. It is believed that this action will help the students to properly identify bins and assist in the disposal of waste.

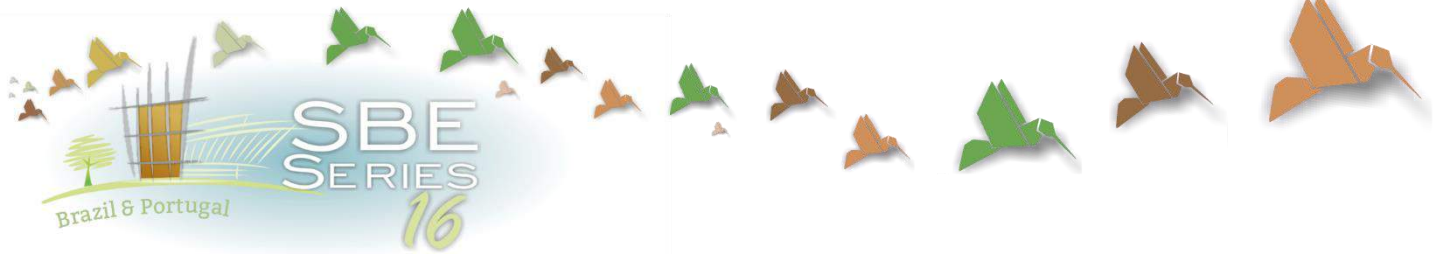
The organizing of educational campaigns is also suggested, utilizing the media, websites, e-mails, posters, brochures, lectures, and other means to disseminate the results found in this study, and advice regarding the best way to dispose of waste. For the waste produced in the laboratories, new studies to identify the best allocation should be conducted, and the existence of the Reverse Logistics application during the purchasing process.

Clarification of environmental issues is a right of society, and this theme is found in the National Environmental Education Policy, Law No. 9795 of 27 April 1999. The selective collection issues and proper disposal of waste are in line with the principles of sustainable development, and thus environmental education is an important tool in the ecological awareness of society. It is hoped that the actions suggested and implemented at POLI, such as the mapping of the potential of discarded waste, guidance on waste disposal, and awareness campaigns assist in the construction of social values and behavioral changes regarding environmental preservation. It is also hoped that these practices experienced at POLI may be later applied in the working environments of future engineers.

REFERENCES

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2004. *NBR 10004: Resíduos sólidos – classificação*. Rio de Janeiro: ABNT.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2004. *NBR 10007: Amostragem de resíduos: procedimentos*. Rio de Janeiro: ABNT.
- Bonelli, C. M.C. 2010. *Meio ambiente, poluição e reciclagem (2)*. São Paulo: Blucher.
- Boskov, M.E.G. 2008. *Geotecnia Ambiental*. São Paulo: Oficina de textos.
- Braga et. al. 2007. *Introdução a Engenharia Ambiental: O desafio do Desenvolvimento Sustentável*.

- (2). São Paulo: Pearson Prentice Hall.
- Brasil. Política Nacional de Resíduos Sólidos Act of 2010. Retrieved from:
<<http://www.justicaeleitoral.jus.br/arquivos/lei-12-305-2010-pnrs/view>>.
- Danna, F. L. 1996. O Perfil do Engenheiro no Século XXI. In: *O Ensino da Engenharia para o Século XXI nos Países Amazônicos*, Belém, 1996. UNAMAZ.
- Escola Politécnica de Pernambuco. 2012. Poli 100 Anos: Um Breve Histórico. Recife. Retrieved from
<<http://bit.ly/1LX8rRc>>.
- Loureiro, S.M. 2005. Índice de Qualidade no Sistema da Gestão Ambiental em Aterros de Resíduos Sólidos Urbanos – IQS. Master's thesis, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.
- Fantinatti P.; Zuffo A. C.; Argollo A. M. F. 2015. *Indicadores de Sustentabilidade em Engenharia: Como Desenvolver* (1). Rio de Janeiro: Elsevier.
- Finkler, N. R.; Pannizon, T.; Schneider, V. E. 2014. Avaliação da composição gravimétrica dos resíduos sólidos comuns gerados na Universidade de Caxias do Sul – RS e comparação com outras instituições de ensino superior. In: *IV Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente*. Bento Gonçalves, April, 2014.
- Gil, T. N. L. 2007. Caracterização qualitativa e quantitativa dos resíduos de serviços de saúde gerados na Irmandade Santa Casa de Misericórdia de São Paulo, SP. Term Paper, Universidade de São Paulo. São Carlos.
- Kohlman Rabbani, E. R.; Andrade, Souto; Souto; Silva. 2016. Análise da Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos: Estudo de Caso na Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*. In press.
- Kohlman Rabbani, E. R.; Jalali, S.; Arezes, P. Barkokébas Junior, B.; Rabbani, S. R. 2013. *Segurança do Trabalho no contexto da Construção Sustentável: Uma Visão Geral*. Recife: EDUPE.
- Polito, A.G. 2004. *Michaelis moderno dicionário da língua portuguesa*. São Paulo: Melhoramento.
- Santos, J. E. dos, Sato, M. 2001. Universidade e Ambientalismo- Encontros não são despedidas. In: Santos, J. E. dos, Sato, M. (orgs). *A Contribuição da Educação Ambiental à Esperança de Pandora*. São Carlos: Rima.
- Takahashi, F. (2015, September 14). Mesmo em crise, USP é o primeiro lugar no ranking universitário. *Folha de S. Paulo*, Caderno Especial - RUF, B41, p.2.



Technologies to support methodological and management processes of video posters and/or video papers on technical-scientific events

Maria do Carmo Duarte Freitas

*Federal University of Paraná (UFPR), Information Science Department, Curitiba, PR, Brazil.
Postdoctoral at the University of Malaga, Málaga, Spain*
mcf@ufpr.br

Avanilde Kemczinski

Santa Catarina State University (UDESC), Joinville, SC, Brazil. Postdoctoral at the University of Malaga, Málaga, Spain. Scholarship CAPES Process. Nº BEX 2539/15-2
avanilde.kemczinski@udesc.br

Daniel Cebrián Robles

Malaga University (UMA), Science Education, Malaga, Spain.
dcebrian@uma.es

Francisco Daniel Costa

Federal University of Paraná (UFPR), Grupo de Pesquisa em Ciência, Informação e Tecnologia, Curitiba, PR, Brazil.
franciscodaniel@gmail.com

ABSTRACT: This work aims to deal with the need for renewal of the formats related to scientific conference products, scientific technical sessions and the pursuit of awareness of researchers on the importance of socialization of scientific knowledge. As well as improve the quality and depth of acquired knowledge not only for those who produce, but also for the participants. In this sense, the goal is to show and discuss methodological and management processes of video posters and/or video papers in technical and scientific events. Methodological actions begin by using different technologies that give support in the evaluation process (CoRubric) of the videos proposed by the participants. Next, it is followed by the use of Open Video Annotation (OVA) to be able to view, annotate and reply to the video of participants before, during and after the event. It is expected from the use of technologies to improve and contribute to the sustainability of knowledge by giving new ideas of the changes in audiovisual building processes and information products applied to scientific conferences.

Keywords *Video Poster, Video Paper, Evaluation, Video Annotation, Sustainability*

1. INTRODUCTION

The new technologies has changed the way to build, validate, share and see the scientific content by the use of videos, 3D models, augmented reality... It is observed the necessity of renew the reality of new scientific generation and the technology contexts. The video has been used in the education practicum since long time ago. The pre-service teacher watched their own mistake during its practise and can improve the learning-teaching processes in their classes. But it is unusual to see a scientific product shown in a conference by a video.

In this work, we discuss a new method of sharing a scientific product in order to motivate, spread, collaborate and improve easily the visualization of researching that is made by the scientific community. We encourage the using of the video poster to spread the scientific content. This is a new way to share in a short video the essential research information that is enough to understand the research (objectives, methodology, results...). The first experiment that used the video poster as a way to communicate in a conference was made by the conference "Encontro Latino Americano de Edificações e Comunidades Sustentáveis" – ELECS2013 –. This conference was located in Curitiba, Brasil. Freitas, Schmid e Tavares (2014) said the meaning of a video poster is "A video of a work with possibilities of capture and store audio, static images or in movement that are translated in a easy language of scientific results of a research". The rules to film this video was to have as most 3 minutes using sentences and a easy language to be understandable and reused as an open and educational resource. The video had changed the format of a presentation in a conference in order to increase the time of the discussion after the visualization. The sessions were moderated by researches that highlight the new discovered things in a specific area of knowledge that is updated so far., to prospect the knowledge gaps yet to be filled in the field of science on the perspective of sustainability. To stimulate debate, the digital team, released and published proceedings of the previous events for the community knew what had already been discussed on the topic in the congress.

Every innovation has its price! There were 150 video posters and a lot of work for a small team. It was necessary to organize a session (abstract or full article), set the metadata for video retrieval, as well as the necessary infrastructure for the storage and presentation. After the three years of ELECS2013, the result is seen by the increasing number of channel access on YouTube® (all videos are subtitled in English and Spanish). The proposal provides an opportunity to create strategies for the digital marketing that has published the results of research and expanded the visibility of the groups and institutions which are linked research (FREITAS et al., 2015).

Against the backdrop, the objective of the research is to systematize the scientific video evaluation with rubrics to eliminate subjectivity and discuss a methodology of peer collaborative work by the use of CoRubric that allow annotating the scientific video poster evaluation. After the validation of the rubric for the new conference we want to give the participants the chance to use Open Video Annotation - OVA - to analyze every video poster and share their opinions.

2. THE VIDEO POSTER

The scientific video (poster and/or paper) is a multimodal text that is produced by teachers and students. The documents generate the sequence of didactic teaching-learning process (KRUMSVIK and Smith, 2009). As a manufactured product, the video serves as a means to illustrate a set of events. So, when working with videos, the scientifics and the people in the conference are placed in a situation where they are active actors in relation the presentation content in various aspects such as the video recording, the selection of a content stream, motivating your choices and commenting on what is done by collaboration, projection and spread process of the information. Thus, a video (poster and/or paper) is a resource for documentation, potentially producing a reflective perspective on the scientific research process of a particular content; where scientific community are involved with something that is of interest in the sustainable flow of the preserving and spreading of the knowledge.

2.1 CoRubric - corubric.com

On the Internet there are different tools that allow building online rubrics quickly and freeing as RubricStar, others that generate checklists to use evaluation templates as a rubric such as PBL Checklist. However, others specialize in self-evaluation and peer evaluation as SPARK. In addition, we can find plugins that integrate rubrics in educational platforms as Moodle virtual-EvalCOMIX (Saiz, 2011). However, we present and use CoRubric as a tool that besides being free and have all these advantages, born from the experience of a group of educators and various projects R & D + i [EDU2010-15432 and EDU2013-41952-P].

CoRubric is the evolution of the previous eRubric (<https://gteavirtual.org/rubric>) tool that it had been improved thanks to a usability and satisfaction survey (Serrano-Angulo & Cebrián-Robles, 2014). This tool was created in the [EDU2013-41952-P] project, which is creating a repository of items which are intended to facilitate understanding of secondary teachers and future teachers. This tool is born of the teaching need and concerns that have been collected over the years and is constantly changing due to the contribution of suggestions for improvements not only usability but also functionality. However, it fits to the video poster idea because has the chance to evaluate object.

Among the advantages that differentiate the tool of others on the web is highlighted the flexibility to allow the use of not only rubric square format. Breaking the squaring of the classic rubrics, it facilitates and improves the design and it is possible to define different levels of achievement for different competencies, indicators or evidence, thereby giving more realism, sense and ease when constructing rubrics and apply (Cebrian-de-la-Serna & Monedero-Moya, 2014).

One of the drawbacks with the rubrics is that they are an instrument to evaluate everyone equally when it would have to see the progress and dealing with diversity, not only in education but also in an industrial process, in a paper presented or object. In CoRubric it is possible to make evaluations in time to allow tracking how the object is being evaluated in the process, and thus do evaluations not only to people but also to objects defined in the member's area of the tool.

Like other tools allows peer evaluations, self-evaluations, anonymous, group evaluations, all through a system of roles. Combining the role of evaluator and evaluated can work the online rubric as a peer evaluation, self-evaluation, or the classical evaluation in one direction. It also has the administrator role that allows giving a set of privileges to individual users in the member area. Finally, these results can be exported to spreadsheet format to be processed later. With this, we can also export the annotations generated in the tool and serve as feedback to the evaluator and evaluated. For the conference, we can analyze all the video poster content to have a decision whether to approve or not the video by the exportation of the peer evaluation results.

As conclusion, CoRubric is used for evaluating the video poster because it allows placing each video within a rubric as assessable objects. A set of experts can simultaneously evaluate a video and comment between them to further enrich the evaluation to be done before being accepted for presentation at a conference.

In the end, it is possible to know the average of peer evaluations with their annotations/comments made by experts that allow deciding whether accept, improve or refuse the work presented in the video poster from two points of view, more technical view content and format and a more scientific view.

2.2 Open Video Annotation - <https://gteavirtual.org/ova>

There are few tools that allow annotations online video and we decided to use a tool made by the team named Open Video Annotation - OVA. It allows freely and explicitly make embedded annotations within the video and comment on these annotations, allowing enrich among the scientific community and the congress assistants and make questions and argue the different researches not only by experts from the different themes but also by attendees of the conference, see Figure 1 knowledge.

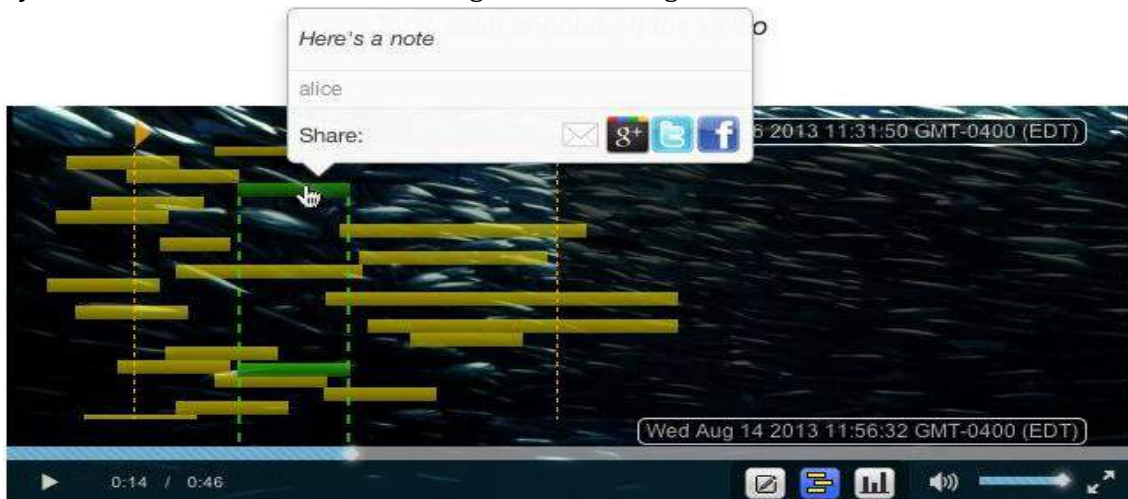


Figure 1. Annotations on a scientific video shown in OVA

Furthermore, it is possible to see a statistic of the annotations concentration where the author will know the interest parts of the video for the audience, Figure 2.

A communications system by annotations and comments on the video let you ask questions and answers to further enhance online communication. In this way allows having congress attendees around the world without displaying the video poster in situ.



Figure 2. Statistics that lets you see where the video interest is concentrated.

After the exposure of the video poster, the author can export all entries to a spreadsheet format as a good feedback and save them for analysis and improve their research with this repository.

3. METHODOLOGICAL PROCEDURE

Descriptive and qualitative methodological study for evaluation of the video poster is performed in five stages:

1. Build an instrument to evaluate the video poster based in (Cebrian-de-la-Serna & Monedero-Moya, 2014)
2. instrument validation thanks to three rubric experts
3. Add the rubric to CoRubric platform and setting with the criteria and numerical indicators (Serrano-Angulo & Cebrián Robles, 2014),
4. instrument validation by 23 experts - Brazil, Spain and Portugal
5. Final design of the instrument.

The construction of scientific video evaluation tool is based on other educational video evaluation and the scientific viewpoint of criteria used in papers and events with "double review" for publication and/or presentation of research results.

The second and third stage was held in Spain with three rubric experts with discussion and review of each question. There was a reduction in the number of questions, reordering and suitability of alternatives.

In the fourth stage, 23 experts (Spain, Portugal and Brazil) have been consulted in order to validate the questions using the CoRubric platform. The instrument of approval process simulated the evaluation of three scientific video posters of the two previous events. The verification strategy was by "collecting and analyzing data concurrently forms a mutual interaction between what is known and what one needs to know. This pacing and the iterative interaction between data and analysis (as discussed earlier) is the essence of attaining reliability and validity." (Morse, Barret, Mayan, Olson, & Spiers, 2002).

Finally, the feedback from researchers allowed making necessary changes and providing a rubric for the scientific video evaluation tool in three languages (Portuguese, Spanish and English).

The next steps will be to have the congress and display the video poster in order to have a collection of annotations in Open Video Annotation platform.

All videos will be added to a group in the tool for having quickly access. The assistants to the congress will create their annotations and we will see the new way to collect and share information in a congress.

4. SCIENTIFIC VIDEO EVALUATION TOOL

On the context and the lack of a validated instrument with evaluation criteria for scientific videos, it is used for this work the experience of ELECS2013 and Euro ELECS2015 that used as an evaluation strategy of the video poster a set of recommendations sent to the authors. The recommendations were technical in nature and directed on how to make the video and the care with use of image, music, text, content and authorship hierarchy of both the video, as the use and citation of third party materials (Table 1).

Table 1. Technical recommendations for video poster as sources: FREITAS, SCHIMD E TAVARES (2014).

Evidences	Recommendations
Opening	Start with the opening credits: title, authors, affiliation and the event; send the logo of ELECS to allow standardization; do not put sound on the opening screen.
Opening image	After the title, show image (static or dynamic), but not a text (with exceptions to the explanatory captions used sparingly in the video either with year or as "Once upon a time ...").
Music	Use musical compositions in the public domain (published for at least 50 years ago) and the musical interpretation is not protected by copyright. See the public domain resource sites such as: http://freemusicarchive.org and http://freestockmusic.com . Mac users can use the iLife and GarageBand for free, not subject to copyright.
Image	Do not use minors or people from the community of images without obtaining authorization to use it in written by involved person.
Author's face	At some point, especially at the beginning, introduce the speaker talking to the video. Frame it closely, avoiding combining author, furniture, logo etc. You can also use the photograph of the author with the speech in the background.
Text	Avoid text, in particular in the range of 20% below the screen, it will add subtitles in Spanish or English. (If you wish can already do it).
Language	Avoid technical jargon and explain it before essential concepts. The purpose of the video has to be understood by anyone (Bringing science to the community).
Synthesis	Limit the extent of the text; if the speaker is bound to speak fast and can hardly breathe, there is much content.
Interest	Avoid displaying text; It is better than you or someone talk about a picture; even less, read the text that appears on the screen.
Minimum video length	The viewer must have enough time to understand each situation, image of speech; therefore, do not cut before 3 seconds
Image dynamic	It is appropriate that every three seconds (maximum of five seconds) there is an image of change (even if only change the frame).
Sound dynamic	The speech must have a good intonation. Do not talk from beginning to end of the video. It is useful to toggle speech and music, speech and silence or speech of different speakers (especially male and female).
Music	If you use music, choose music consequently; add dynamism that emphasizes emotions that want to cause; but remember that it is not the priority, so avoid exposing continuously music on a silent movie; do not hesitate to cut the music and switch to voice.
Graphics/Image	Show simple, without letters or small or illegible characters in graphics. Details with minimum size.
Hierarchy	It highlights what matter; take care of the background image does not distort your main message; avoid flashy background; static image on moving background.

Video poster proposed in ELECS2011 and Euro ELECS2015 was not evaluated with scientific criteria, because they consider that it would be made from an approved summary. This proposed scientific video begins with the review of the literature on educational video assessment tools and technical recommendations for video poster (Table 1). The Scientific Video Evaluation (SVE) is formed by two dimensions (Figure 1): Scientific and technical respectively -

[<http://corubic.com/index.php?r=public-rubric%2Fview&id=157>];
 [<http://corubic.com/index.php?r=public-rubric%2Fview&id=158>].

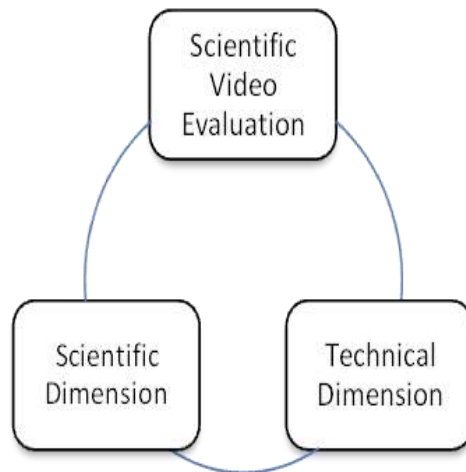


Figure 3. Dimensions of scientific video evaluation

The issues related to the scientific dimension arise from the mandatory elements of an investigation and that should also be present in an abstract, full paper, thesis or doctoral dissertation. Figure 4 has been an issue that is also present in the evaluation tools on educational video and exemplified in the form of rubric with their evidences.

1.5.Displaying the research RESULT.			
1 It is not presented or discussed.	2 It is presented and discussed superficially.	3 It is presented but it has lacks of discussion and argument in relation to theoretical basis and the state of the art.	4 It is presented, discussed and argued in relation to the aim, theoretical basis and results.

Figure 4. Example of scientific rubric that evaluates the result in the research

5. DISCUSSION AND CONCLUSIONS

The validation of the scientific video evaluation tool with experts tried to analyze the dimensions, criteria, questions, scales and weights defined using CoRubric to support evaluation in pairs and the annotations of the researchers. 69 feedbacks were made from experts in the dimensions: scientific and technical. The contributions were sent by email and annotated also on the platform. The data analysis allowed modifying scientific video evaluation tool and rubric in the view of experts. The main contributions are described below.

On the scientific dimension, among the proposals for adapting the rubric, it was excluded the issue dealt with in the "context of research" and inserted a question to characterize the

"research problem". The criteria that analyze the theoretical framework and the state of art of the scientific video poster productions were added.

As technical dimension, the adjustments of the instrument were regarding the hierarchy of issues to ensure the granularity, sequencing and the degree of importance of analyzing the following criteria: communication skills, language used, use and compliance with the time, voiceover, text, image, music and sound effect and copyright requirements.

Table 2. Main changes done in the technical dimension

Criteria	Changes
Use of text	Use text and legend, so as to allow the inclusion of hearing impaired. Request the text of the phrase to be entered on YouTube to automate the legend and subsequent translation work.
Use and compliance with the time	Video have a maximum duration of three minutes
Use of image	Add a legend to reference the images in time and space, and ensure that the images with each other show consistency and to facilitate understanding of the scientific video.
Copyright requirements	Modify to address matters of affiliation of the authors, references and credits.

In addition, 23 experts participating in the process of validation/approval of the scientific video evaluation tool through CoRubric reported that the evaluation system is clear and objective, quick and easy to use.

The scientific video evaluation tool proposed makes use of criteria identified in the survey of related work (Table 2) and the characteristics present in product information: video design characteristics general provided introductory information, accurate, useful and motivating and stimulating, lining dimensions, criteria, scales, weights and system issues.

The instrument has a collaborative evaluation methodology supported by evaluation in pairs and the annotation system through CoRubric. Therefore, it lines up with the idea of the usual communication process where acceptances of "double review" give recognition and legitimization of the video generated by the researcher. The instrument of video evaluation seeks to eliminate the subjectivity of the evaluation process based on assessment tools for educational videos in the literature and the criteria, issues, scales and weights defined and approved by the researchers.

The final instrument and validation by experts offers an alternative methodology/tool for evaluating scientific videos to support events and conferences.

Finally, the ideas of scientific video production - paper or poster - are further enhanced by enabling reuse in activities of the research groups, institutions and support the teaching practices as an educational resource. Fact that allows the insertion of SVE in an educational dimension, as 10 of the 26 criteria were not used because they are specific to the teaching-learning process: the application in the learning, learning reflection, bias-free, know the objectives, learner interaction, integration into the environment learning, develop generic competences, develop disciplinary competences, time, special effects.

The next work will be analyzing the result during the conference in order to have a conclusion of the use of Open Video Annotation tool. All the annotations are going to be discussed not only by authors but also for all the scientific community.

6. ACKNOWLEDGEMENT

This work was conducted during a scholarship by the Senior Internship Program Abroad - CAPES Proc. Nº BEX 2539/15-2 (Brazil).

REFERENCES

- ARÉVALO, J.A. (2004). Comunicación científica y edición alternativa. Visibilidad y fuentes de información en ByD. Curso: Fuentes de información especializadas y nuevas formas de comunicación científica, 2ª. Ed. Universidad de Salamanca. Disponible en: <http://eprints.rclis.org>, consultado el 1 noviembre 2007.
- ASSIS, Wilson Martins de. Metodologia para construção de produtos de informação nas organizações. 2004. 251 f. *Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência da Informação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.*
- BEAUDIN, B.P; QUICK, D. Instructional Video Evaluation Instrument. In: *Extension Journal*, V. 34, n.3, 1996. ISSN 1077-5315. Disponível em <http://www.joe.org/joe/1996june/a1.php>
- COGAN-DREW, D. "VideoPaper" in Context: Case Reports from the Field. *Technology, Pedagogy and Education*, v. 18, n. 3, p. 299–313, 2009.
- FREITAS, M. C. D. ; MARTINEZ, M. A. T. ; KUNTZ, V. H. ; ISHIDA, C. Y.; COMUNELLO, F. ; FLORES, F. N. . Visualização e análise da informação científica divulgada no. In: Euro-ELECS 2015 Latin-American and European Conference on Sustainable Buildings and Communities, 2015, Guimarães. *Proceedings of EURO ELECS 2015. Guimarães: Universidade do Minho, 2015.* v. 3. p. 2381-2390.
- FREITAS, M.C.D.; SCHMID, A. L.; TAVARES, S. F. Estratégia na comunicação científica na forma de vídeo pôster. In: *Teixeira, Borba.* (Org.). Administração, Direito e Tecnologia: a serviço da cidadania. 1ed.Curitiba: Instituto Memoria, 2014, v. 1, p. 220-246.
- GOLDMAN, R., PEA, R.D., BARRON, B., & DERRY, S.J. (Eds.). (2007). *Video research in the learning sciences*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- HAUGE, T. E.; NORENES, S. O. Changing teamwork practices: Videopaper as a mediating means for teacher professional development. *Technology, Pedagogy and Education*, v. 18, n. 3, p. 279–297, 2009.
- JORDAN, B., & HENDERSON, A. (1995). Interaction analysis: Foundations and practice. *The Journal of the Learning Sciences*, 4(1), 39–103.
- KRUMSVIK, R.; SMITH, K. Videopapers – an attempt to narrow the notorious gap between theory and practice in teacher education. *Technology, Pedagogy and Education*, v. 18, n. 3, p. 269–278, 2009.
- LE COADIC, Y.F. *A ciência da informação*. Brasília, DF, Briquet de Lemos. 1996.
- MARQUES GRAELLS, P.. (2001) LA evaluación de los vídeos didácticos. Disponível em: <http://www.peremarques.net/videoav2.htm> Visitado em: 10/05/2016.
- MONEDERO-MOYA, J.; CEBRIÁN-ROBLES, D.; DESENNE, P. Usability and Satisfaction in Multimedia Annotation Tools for MOOCs. *Media Education Research Journal*, v. 44, n. 22, p. 55–62, 2015.
- Morse, J. M., Barrett, M., Mayan, M., Olson, K., & Spiers, J. (2002). Verification strategies for establishing reliability and validity in qualitative research. *International Journal of Qualitative Methods* 1 (2), Article 2. Retrieved DATE from <http://www.ualberta.ca/~ijqm/>
- PONJUÁN DANTE, Glória. *Gestión de Información en las organizaciones: principios, conceptos y aplicaciones*. Santiago de Chile: CECAPI, 1998.
- SÄLJÖ, R. Videopapers and the emergence of analytical perspectives on teaching practices. *Technology, Pedagogy and Education*, v. 18, n. 3, p. 315–323, 2009.
- SETZER, Valdemar W. Dado, Informação, Conhecimento e Competência. São Paulo: DataGramZero - *Revista de Ciência da Informação*. n. 0. dez.1990.
- SILVA, R. A.; SANTOS, L. R. N.; FREITAS, M. C. D. Reflexão teórica e conceitual sobre produto

informacional e produto de informação. Bento Gonçalves: VIII Seprosul - *Semana de Engenharia de Produção Sul-Americana*. nov. 2008.

STIGLER, J.W., GALLIMORE, R., & HIEBERT, J. (2000). Using video surveys to compare classrooms and teaching across cultures: Examples and lessons from the TIMSS video studies. *Educational Psychologist*, 35(2), 87–100.



Aplicação de novas metodologias no curso de engenharia civil da UFES

Letícia Soares Rabbi Siqueira

Federal University of Espírito Santo, Civil Engineering Department, PPGEC, Vitoria (ES)

leticiaarabbi@gmail.com

João Luiz Calmon

Federal University of Espírito Santo, Civil Engineering Department, PPGEC-FAPES, Vitoria (ES)

calmonbarcelona@gmail.com

Karla Moreira Conde

Federal University of Espírito Santo, Civil Engineering Department, PPGEC, Vitoria (ES)

karlamconde@hotmail.com

ABSTRACT: Devido ao reconhecimento e aceitação da tecnologia Building Information Modeling BIM, os profissionais atualmente enfrentam uma nova transição: do CAD para o BIM, como aconteceu a 30 anos, da prancheta para o CAD. As Universidades são essenciais neste processo. Se os princípios teóricos e práticos do BIM estiverem incluídos nas matrizes curriculares poderá ser satisfeita a demanda por mão de obra qualificada exigida pelo mercado de trabalho. É necessário reavaliar o currículo dos cursos de graduação e checar a possibilidade de implantar novos conceitos que possam agregar valor à formação em engenharia civil, como a Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL). Este artigo aborda a discussão teórica aplicada ao curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), com o objetivo de realizar um mapeamento inicial do curso de engenharia civil, por meio de questionários aplicados a alunos, visando incluir novas metodologias (BIM e PBL) na formação do engenheiro civil, com a integração de disciplinas que envolvem projetos. Para tal, foram desenvolvidos e aplicados questionários aos alunos e tabulados e analisados os resultados iniciais. Os resultados iniciais indicam a receptividade dos alunos em relação à inserção de novas tecnologias e métodos de ensino em engenharia civil. Em etapas futuras, pretende-se realizar entrevistas com professores para a proposição de intervenções no curso de engenharia civil, de modo a contribuir na formação de profissionais preparados para atender às demandas do mercado de trabalho.

Palavras-chave Educação, BIM, Engenharia Civil, Aprendizagem Baseada em Problemas.

1. INTRODUÇÃO

A evolução da modelagem de informações está interferindo cada vez mais nos papéis dos profissionais de engenharia e na indústria da construção civil em geral. O uso do BIM também afeta a forma como a informação é gerida pelos profissionais em todas as etapas de um empreendimento. A inserção do ensino do BIM no currículo requer mais ênfase na aprendizagem como um processo e não apenas o uso de softwares específicos.

Os discentes devem ter experiências de aprendizagem ativa, com incentivo da aprendizagem autodirigida e do pensamento crítico em todo o curso. Devem ser fornecidos aos alunos os conceitos fundamentais do BIM, como um processo e como uma nova forma de pensar em todo o ciclo de vida do projeto. Assim como, possibilitar ao aluno a experiência prática com os softwares da plataforma BIM e a oportunidade de desenvolver a colaboração da equipe interdisciplinar e crítica, pensando por meio de projetos em grupo e trabalhos individuais.

Na formação em engenharia, é comum encontrar a crítica de que os métodos de ensino aprendizagem empregados não favorecem os atributos estipulados em suas diretrizes ou recomendados pelas associações profissionais, já que o modelo de transmissão-recepção de informações não lhes estimula o desenvolvimento da criatividade, do empreendedorismo e da capacidade de aprender autonomamente (Ribeiro, 2007 *apud* Escrivão & Ribeiro, 2009, p. 24).

Sacks & Barak (2010) asseguram que o ensino do BIM deve iniciar nos primeiros anos da graduação e continuar durante toda formação do estudante. Conforme expõem Barison & Santos (2011), para o BIM a colaboração é um dos conceitos primordiais, contudo, para o seu ensino é necessária à integração de diferentes disciplinas. Tradicionalmente, nas instituições, os departamentos não se integram, além de ser difícil coordenar os horários dos professores e de toda a infraestrutura de laboratórios e salas de aula para atender aos alunos.

Existem muitos métodos de ensino-aprendizagem que podem ser utilizados para promover este efeito desejado nos cursos de engenharia. Pode-se considerar que todas as formas de aprendizagem ativa e/ou colaborativa, centradas no processo e/ou nos alunos, além dos métodos de ensino construtivistas atendem a esse propósito. Dentre esses métodos, podem ser citados a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP).

A Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) consiste no ensino centrado no estudante e baseado na solução de problemas. O currículo dos cursos que utilizam ABP geralmente é dividido em módulos temáticos, que são compostos de várias sessões e integram diversas disciplinas e o conhecimento básico. Para solucionar um problema, os alunos recorrem aos conhecimentos prévios, discutem, estudam, adquirem e integram os novos conhecimentos. A ABP valoriza, além do conteúdo a ser aprendido, a forma como ocorre o aprendizado, reforçando o papel ativo do aluno neste processo, permitindo que ele aprenda como aprender (Borges *et al.*, 2014).

A ABP objetiva estimular a aprendizagem ativa e significativa; busca estabelecer uma relação entre o que acontece na sala de aula e a vida dos alunos; rejeita a noção de que

todos devem aprender a mesma coisa e da mesma forma, independente de seus interesses e aptidões.

É necessário desenvolver no estudante a capacidade de “aprender a aprender”, conscientizando-o de suas capacidades e levando-o a assumir um papel ativo e responsável pela sua própria formação. Estas propostas permitem que o aluno tenha uma formação mais abrangente, uma vez que estimulam a integração de diferentes saberes e o desenvolvimento de determinadas habilidades e atitudes, além da construção do conhecimento sobre determinado tema.

Cursos que têm entre seus objetivos inserir BIM nos processos de ensino-aprendizagem devem também promover um alto grau de integração entre disciplinas, além de estimular a colaboração entre os docentes. Para isto é importante prever reuniões de coordenação e planejamento, além de horários comuns para que os professores possam trabalhar em componentes curriculares multidisciplinares (Checcuchi, 2014, p. 5).

A adoção da ABP no ensino de engenharia pode ser justificada como uma resposta à percepção de alguns professores de que os alunos saem do curso com muitos conceitos, porém com pouca capacidade de utilizá-los e integrá-los à prática cotidiana (Escrivão Filho & Ribeiro, 2009). Um currículo ideal que utilize a metodologia ABP “(...) deve ser estruturado ao redor de uma sequência de situações problema com grau crescente de sofisticação, que culmina, nos últimos anos, com situações similares às enfrentadas pelos profissionais em seus primeiros anos de carreira”, afirmam os autores Escrivão Filho & Ribeiro (2009, p. 24).

Os profissionais estão se especializando cada vez mais e esta fragmentação da informação e do saber concorre para um distanciamento da visão de complexidade, que é necessária para o projeto. O adequado gerenciamento destas informações é determinante para minimizar o tempo e o custo nas etapas de execução. A migração dos métodos tradicionais de CAO (concepção assistida pelo computador), como o CAD, para o método mais dinâmico e integrador, como o BIM, é gradativa e tende a favorecer a compatibilização deste conjunto crescente de informações sobrepostas. Esta mudança também depende de investimentos em formação e capacitação profissional da equipe de trabalho (Marques *et al.*, 2015).

2. OBJETIVO

Conhecer a percepção dos alunos do curso de engenharia civil da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), em relação à possibilidade de incluir novas metodologias como BIM e Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) na formação acadêmica do engenheiro civil, visando à integração das disciplinas obrigatórias que envolvem projetos.

3. METODOLOGIA

3.1. Elaboração e aplicação dos questionários aos alunos

Com o objetivo de identificar os possíveis interesses e familiaridade dos estudantes com a tecnologia BIM e com a ABP, foi elaborado e aplicado um questionário específico, sem a

interlocução dos pesquisadores, em uma amostra aleatória de alunos de todos os períodos do curso de engenharia civil da UFES. Foram aplicados e respondidos um total de 103 questionários. Por se tratar de um estudo piloto, a amostra foi aleatória, não havendo uma preocupação de ser representativa estatisticamente, nessa fase da pesquisa. Para gerar as perguntas do questionário, elaborou-se a tabela 1 com os conceitos estudados, relacionando-se com as perguntas a serem aplicadas aos discentes. Durante a aplicação dos questionários houve a oportunidade de vivenciar os espaços pedagógicos, e após sua aplicação, conversar informalmente com alunos sobre a pesquisa.

Tabela 1 – Conceitos em estudo e perguntas do questionário aplicado aos alunos

O que buscou saber	Perguntas do questionário
<p>1º bloco:</p> <p>Sobre o conhecimento da tecnologia BIM</p>	<p>1. Usa algum software BIM? Onde?</p> <p>2. Quais softwares BIM você utiliza para desenvolver os trabalhos de disciplina?</p> <p>3. Onde você aprendeu a utilizar o software?</p> <p>4. Assinale as vantagens que você percebe no seu cotidiano com o uso do software.</p> <p>5. Os professores incentivam o uso de softwares BIM para a execução de trabalhos? Descreva um exemplo de como isso acontece.</p> <p>6. Você acredita que cabe a Universidade promover o ensino de softwares BIM para alunos?</p>
<p>2º bloco:</p> <p>Sobre o curso de engenharia civil – Aprendizagem baseada em problemas</p>	<p>7. Existe alguma integração entre a(s) disciplina(s) que você está cursando? Quais disciplinas? Que tipo de integração?</p> <p>8. Você acha viável a integração entre as disciplinas onde um grupo de alunos faça um mesmo projeto (solução de um problema) abrangendo diferentes disciplinas?</p> <p>9. Quais aspectos você acredita que podem ser negativos no desenvolvimento de projetos que envolvem diferentes disciplinas?</p>

3.2. Resultados dos questionários aplicados aos alunos

Dos 103 alunos que responderam ao questionário, 47 alunos (45,6%) estão cursando disciplinas entre o 1º e 4º períodos; 22 alunos (21,4%) estão entre o 5º e 7º períodos e 34 alunos (33%) estão entre o 8º e 10º períodos, conforme descreve a Figura 1.

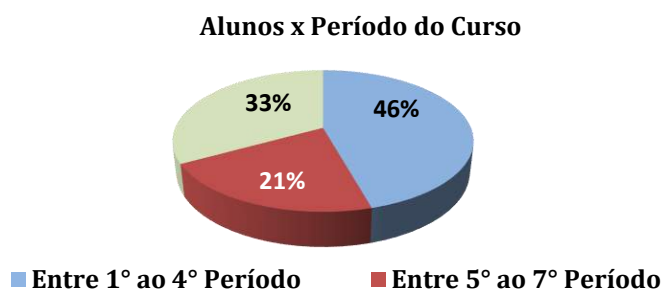


Figura 1. Alunos entrevistados por período do curso.

A Figura 2 apresenta o percentual de alunos entrevistados que utilizam algum software BIM. Do total de entrevistados, 74% dos alunos não utilizam nenhum software BIM e 10% dos alunos não souberam responder. A maior parte destes alunos que não conhecem ou não utilizam o BIM afirma que não o faz, pois ainda não aprendeu este conhecimento na faculdade; ainda não precisou utilizar nos trabalhos das disciplinas ou desconhece do que se trata. Foi reservada uma parte do questionário para comentários, visando captar a verbalização dos alunos em relação aos temas em estudo. Apenas 16% dos alunos que responderam ao questionário afirmam que utilizam algum software BIM – isto representa um total de 17 alunos. Destes 17 alunos, 70% utilizam o software para trabalhos da faculdade; 18% utilizam no estágio ou trabalho; 12% não responderam (Fig. 3).

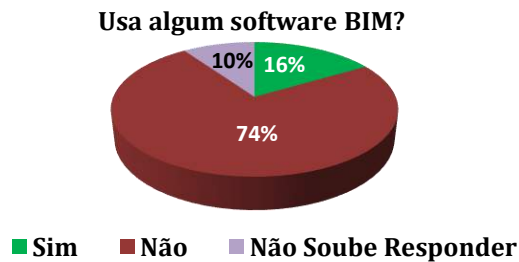
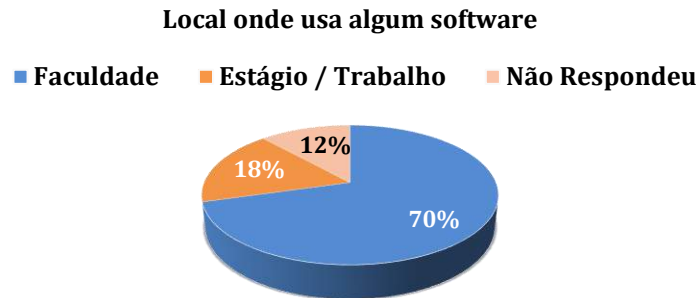


Figura 2. Utilização de software(s) BIM pelos alunos.

Sobre o local onde aprendeu a utilizar o software BIM, dos 17 alunos que afirmaram utilizar o BIM, 7 alunos aprenderam na faculdade; 3 alunos aprenderam no estágio ou no trabalho; 3 alunos aprenderam na internet (vídeo aulas ou sites/blogs); 4 alunos fizeram curso específico sobre o software e 2 alunos assinalaram a opção outro. O restante dos alunos, isto é, 86 alunos, não utilizam ou não responderam (Fig. 4).



** Percentual dos 17 alunos que afirmaram utilizar algum software BIM*

Figura 3. Local onde os alunos utilizam o software BIM.

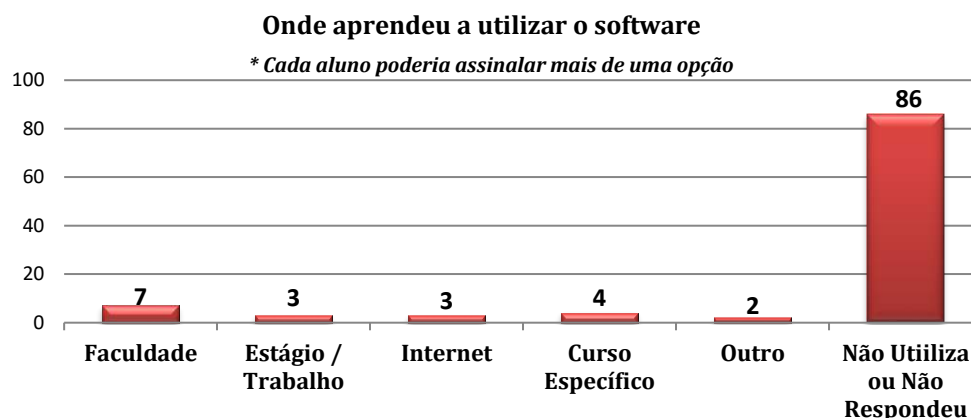


Figura 4. Local onde o aluno aprendeu a utilizar o software BIM.

Na Figura 5 são apresentadas as vantagens percebidas pelos alunos com o uso do software BIM. Os respondentes poderiam assinalar quantas opções desejassem. Do total de 17 alunos que responderam utilizar o software BIM, 10 alunos assinalaram a opção “facilidade de trabalhar”, ou seja, consideram que o software é de fácil utilização e entendimento; 15 alunos assinalaram a opção “redução de tempo ou maior produtividade”; 11 alunos assinalaram a opção “possibilidade de inserção de informações técnicas sobre os produtos e componentes” e 10 alunos assinalaram a opção “redução do número de incompatibilidades no projeto”. Os 86 alunos que não utilizam software BIM não responderam a esta questão.

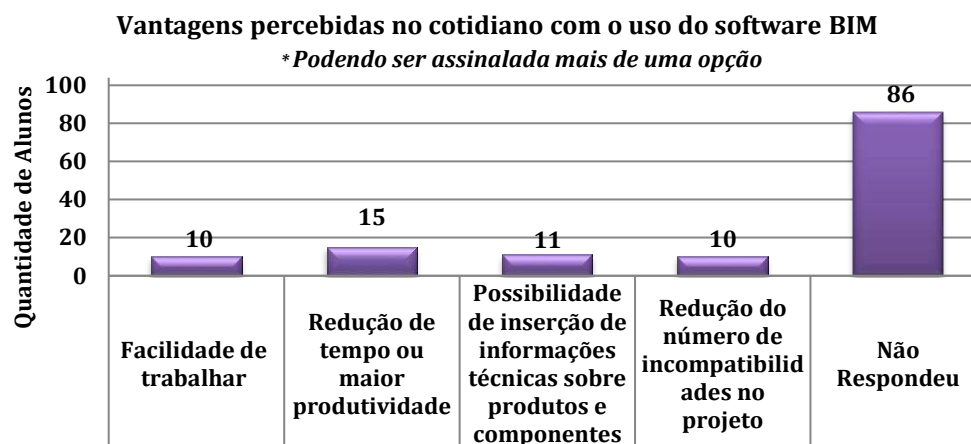


Figura 5. Vantagens percebidas no cotidiano com o uso do software BIM.

Ao serem questionados se os professores incentivam o uso de softwares BIM para execução de trabalhos de disciplinas, 19% dos alunos (20 alunos) responderam que sim, enquanto 71% (73 alunos) alunos responderam que não (Fig. 6). A Tabela 2 apresenta alguns comentários feitos pelos alunos entrevistados. Os depoimentos de alguns alunos, como por exemplo: “Acho que falta no curso novidades da engenharia civil, como o uso do BIM. O desenvolvimento de projetos e trabalhos que integram várias áreas e disciplinas seria de grande aprendizagem para os alunos. Chegamos ao final do curso e ainda nos

sentimos inseguros. Acredito que esse projeto maior (que une várias disciplinas) ajudaria muito e formaria engenheiros mais preparados”, confirmam o afirmado por vários autores, como Escrivão Filho & Ribeiro (2009).

Na pergunta que aborda a responsabilidade da Universidade em promover o ensino de softwares BIM, 93 alunos (90%) responderam que sim - acreditam ser papel da Universidade. Apenas 4 alunos (4%) responderam que não acham que o papel de ensinar o BIM seja da Universidade. E 6 alunos (6%) não responderam (Fig. 7). Analisando a verbalização e comentários escritos pelos alunos (Tab. 2), pode-se afirmar que os mesmos gostariam que este tema fosse inserido no currículo regular do curso de engenharia civil, o que ratifica a importância desta pesquisa.

Os professores incentivam o uso de softwares BIM para a execução de trabalhos?



Figura 6. Sobre o incentivo por parte dos professores para o uso do BIM na execução dos trabalhos.

Tabela 2 – Comentários dos alunos no questionário.

<i>“Quando há palestras de determinadas matérias/assuntos e o palestrante ou professor cita a utilização do software no ambiente de trabalho”.</i>
<i>“Incentivam apenas os que já sabem usar e incentivam também a participar de cursos para aprender a usar”.</i>
<i>“Sempre pedem para usarmos o AutoCAD. Gostaria de utilizar algum software BIM”.</i>
<i>“Uma única professora mencionou que seria bom aprender sobre a plataforma BIM, porém nesse ponto do curso começa-se a usar o AutoCAD. Então em relação a trabalhos, ainda não”.</i>
<i>“Devido à falta de capacitação ou ensino do BIM, não há grande incentivo à utilização”.</i>
<i>“Os professores até citam o software, mas nunca pediram uma aplicação efetiva”.</i>
<i>“Comentam que a plataforma BIM vai facilitar o desenvolvimento dos projetos”</i>
<i>“O ensino dessas ferramentas deveria fazer parte da grade de nosso curso, pois não aprendemos na faculdade”.</i>
<i>“A maioria dos professores não tem conhecimento, preferem que sejam feitos trabalhos em AutoCAD e planilhas convencionais.”</i>
<i>“Poucas vezes o uso de algum software é incentivado, e quando é o software é ultrapassado. Em momento algum um software BIM foi utilizado.”</i>
<i>“Nenhuma disciplina obrigatória utiliza BIM. O laboratório do curso não possui instalado nos computadores.”</i>
<i>“Seria interessante que a plataforma BIM fosse ensinada em alguma disciplina ou até mesmo em disciplina optativa, pois agregaria à nossa formação”.</i>
<i>“Os softwares com plataforma BIM são o futuro dos projetos de construção, logo, deveriam sim ser incorporados ao currículo da engenharia civil”.</i>

Na visão dos alunos: cabe à Universidade promover o ensino de softwares BIM?



Figura 7. Visão dos alunos sobre o papel da Universidade em promover o ensino de softwares BIM.

Já no segundo bloco, quando perguntados sobre a existência de alguma interação entre as disciplinas que estão cursando (Fig. 8), nota-se que os alunos não entenderam do que se tratava a pergunta. 34% dos alunos responderam que existe integração, porém quando foram descrever um exemplo de como isso acontece, citam itens como: “a continuidade de conteúdos em disciplinas sequenciais e com pré-requisitos”, o “uso constante de cálculos”. Porém alguns destacam que “sentem faltam de maior integração entre os conteúdos” e a “necessidade da promoção de mais atividades extraclasse, para que não fiquem apenas na teoria e fazendo cálculos”. 67% dos alunos afirmam que não existe integração entre as disciplinas que está cursando e 1% dos alunos não responderam.

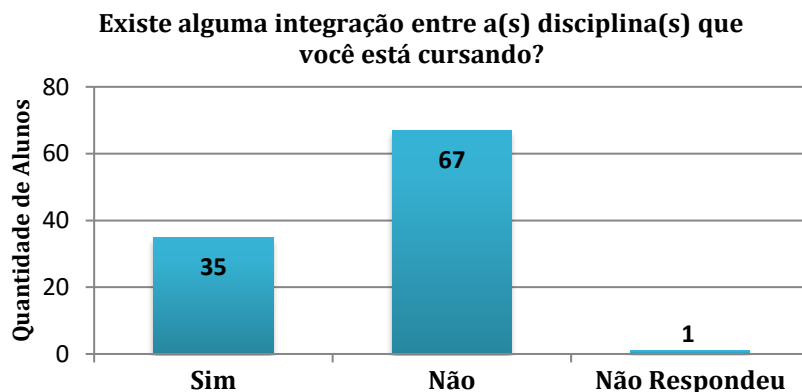


Figura 8. Existência de relação entre as disciplinas em curso, segundo a visão dos alunos.

Na visão do aluno: é viável a integração entre disciplinas onde um grupo de alunos solucione um problema interdisciplinar?

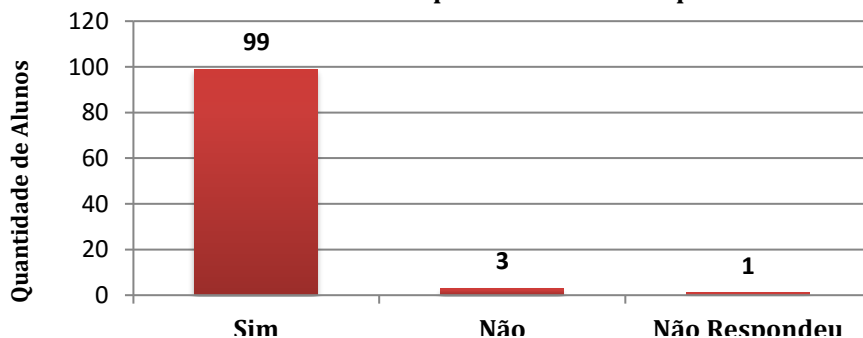


Figura 9. Visão dos alunos sobre a viabilidade de integração entre disciplinas.

Sobre a viabilidade de integração entre as disciplinas cursadas (Fig. 9), onde um grupo de alunos faça um mesmo projeto (solução de um problema) abrangendo diferentes disciplinas, 99 alunos (96 %) afirmam que sim – seria viável, enquanto 3 alunos (3%) acreditam que não. Em relação aos aspectos que podem ser negativos no desenvolvimento de projetos que envolvem diferentes disciplinas, as opções mais assinaladas foram: “a possível falta de orientação ao aluno, frente à quantidade e diversidade de informações” (65 alunos); “a possível sobrecarga em alguns alunos do grupo de trabalho” (44 alunos); “a habilidade dos alunos para se adaptar a uma nova dinâmica de ensino-aprendizagem” (30 alunos) e por último, “a habilidade de trabalhar em grupo” (9 alunos). A opção “outros” e alunos que não responderam, somam os 18 alunos restantes (Fig. 10).

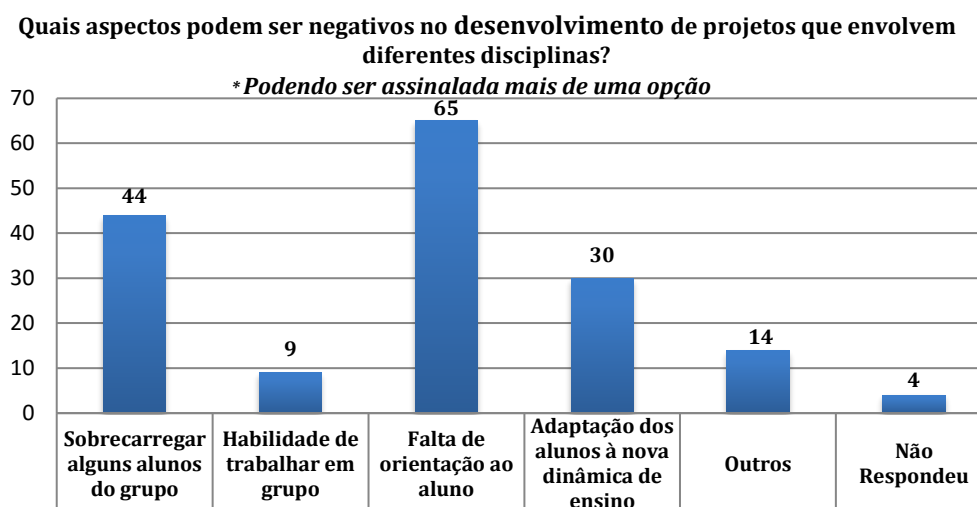


Figura 10. Visão dos alunos sobre os aspectos que podem ser negativos no desenvolvimento de projetos que envolvem diferentes disciplinas.

4. CONCLUSÃO

Este artigo apresenta dados parciais de dissertação de mestrado em desenvolvimento. No estágio atual da pesquisa são aplicados questionários com alunos. Em etapa posterior será desenvolvida pesquisa específica junto aos professores visando avaliar o nível de aceitabilidade de um novo conceito de ensino que utilize as metodologias de ABP e BIM como ferramenta no curso de Engenharia Civil. A partir dos resultados alcançados será feita uma proposta de um novo modelo conceitual de ensino a ser aplicado na UFES.

Os resultados obtidos neste estudo indicam que há grande interesse e receptividade por parte dos alunos à prática do BIM no curso. Analisando a verbalização e comentários escritos pelos discentes, pode-se afirmar que os mesmos gostariam que este tema fosse inserido no currículo regular do curso de engenharia civil, o que ratifica a importância desta pesquisa. Em contrapartida, a maior parte dos alunos questionados afirma que não conhecem ou ainda não utilizam o BIM. As causas mais citadas foram: o fato de não terem aprendido este conhecimento na faculdade; ainda não terem precisado utilizá-lo nos trabalhos das disciplinas; o desconhecimento sobre o assunto e a falta de incentivo por parte dos professores.

A partir da verbalização de alguns alunos ao responderem aos questionários, observa-se que os mesmos poderão se mostrar resistentes às mudanças. Ao serem desafiados, para a aquisição do conhecimento, é requerida uma postura proativa por parte do aluno, o que pode causar desconforto. As maiores vantagens de se utilizar o método da ABP poderão ser constatadas com a evolução profissional do egresso, especialmente as características ligadas à autonomia, ao autodidatismo e ao desenvolvimento de uma postura profissional de base científica.

Em etapas futuras, pretende-se realizar entrevistas com professores para a proposição de intervenções no curso de engenharia civil, de modo a contribuir na formação de profissionais preparados para atender às demandas do mercado de trabalho. Além disso, é fundamental a criação de um programa de capacitação de professores e alunos, visando maior familiarização dos mesmos com o novo modelo pedagógico.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a FAPES – Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do ES.

REFERÊNCIAS

- Barison, M. B., Santos, E. T. Tendências atuais para o ensino de BIM. In: Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção, TIC, 5. 2011, Salvador. *Anais...* Salvador, 2011. 10p.
- Borges, M.C., Chacha, S.G.F., Quintana, S.M., Freitas, L.C.C., Rodrigues, M.L.V. Aprendizado baseado em problemas. In: Tópicos fundamentais para a formação e o desenvolvimento docente para professores dos cursos da área da saúde, Simpósio, *Anais...*, Capítulo VII, 2014.
- Checucci, E. S. Ensino-aprendizagem de BIM nos cursos de graduação em arquitetura e engenharia civil. In: Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, ENANPARQ, 3, 2014, São Paulo. *Anais...*, São Paulo, 2014. 13p.
- Escrivão Filho, E.; Ribeiro, L.R.C. Aprendendo com PBL – Aprendizagem Baseada em Problemas: relato de uma experiência em cursos de engenharia da EESC-USP. In: *Minerva*, 6 (1): 23-30, 2009.
- Marques, A.C., Bastos, L.E.G., Bonneauad, F. Análise ambiental da envoltória do edifício: Diálogo com o Sistema BIM. In: EURO ELECS, *Anais...*, Guimarães, Portugal, 2015.
- Sacks, R., Barak, R. Teaching building information modeling as an integral part of freshman year civil engineering education. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*. ASCE, v.136, n.1, 2010, p. 30-38. ISSN: 1052-3928. Disponível em: <[http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)EI.1943-5541.0000003](http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000003)>. Acesso em: 15 jun. 2016.



Ensino da concepção arquitetônica bioclimática com auxílio de maquetes físicas e heliodon

Aline Silva Sauer

Docente, Faculdade Brasileira, Vitória (ES), Brasil

alinesisa@hotmail.com

Sandra Moscon Coutinho

Docente, Faculdade Brasileira, Vitória (ES), Brasil

sandramoscon@gmail.com

Flávia Moura de Mello

Docente, Faculdade Brasileira, Vitória (ES), Brasil

flaviammoura@gmail.com

Jorge Luiz Có

Docente, Faculdade Brasileira, Vitória (ES), Brasil

jorgecoarquitetura@gmail.com

RESUMO: A incorporação de estratégias bioclimáticas no projeto arquitetônico determina o conforto dos usuários e o desempenho das edificações, levando a redução do consumo energético. Entretanto, algumas escolas de arquitetura ainda priorizam o ensino compartimentado e não estimulam suficientemente as experiências didáticas multidisciplinares, levando o aluno a dissociar a teoria da prática arquitetônica, o que gera conflitos entre o projeto desejado e o real desempenho da edificação. Assim, este artigo objetiva apresentar uma experiência didática que utilizou o processo projetual, desenvolvido na disciplina de Projeto de Arquitetura, como veículo de aprendizado dos conceitos de geometria da insolação, apresentados na disciplina de Conforto Ambiental. O método utilizado consiste em: exposição teórica dos conceitos de geometria da insolação e sua influência no desempenho da edificação, durante a disciplina de Conforto Ambiental I; aplicação destes conceitos no projeto arquitetônico desenvolvido na disciplina de Projeto de Arquitetura III; simulação das maquetes físicas no heliodon; e aplicação de questionário visando analisar a percepção dos alunos diante da experiência. Como resultado, constatou-se que os experimentos práticos melhoram a compreensão dos conceitos e fenômenos estudados em Conforto Ambiental e que a integração de disciplinas aumenta o interesse dos alunos na aplicação das estratégias bioclimáticas em seus projetos arquitetônicos.

Palavras-chave Projeto de arquitetura, Conforto ambiental, Maquetes físicas, Heliodon.

1. INTRODUÇÃO

O processo de projeto arquitetônico vem sofrendo várias modificações ao longo da história. Atualmente, a grande preocupação com a qualidade ambiental e o consumo energético das edificações tem levado a necessidade de um maior conhecimento técnico sobre estratégias que levem a melhora do desempenho do edifício. Entretanto, uma decisão insegura sobre qual estratégia adotar no momento da concepção do projeto, pode levar a consequências desastrosas, principalmente quando se refere a influência da radiação solar no edifício (Amorim, 2008).

Segundo Amorim (2008), existe uma dificuldade entre os projetistas em atender, conscientemente, os requisitos ligados ao conforto ambiental, mantendo as demais preocupações - funcionais, estéticas, construtivas e econômicas - de um projeto arquitetônico. Esta dificuldade é consequência da atual maneira de ensinar nas escolas de arquitetura, que faz com que a forma, massa, espaço e volume sejam vistos apenas como elementos de composição do projeto arquitetônico, dissociando estes elementos do desempenho ambiental da edificação.

O ensino da concepção arquitetônica bioclimática envolve, entre diversos aspectos, o conhecimento da geometria da insolação, tendo em vista que a radiação solar exerce grande influência no desempenho ambiental do edifício. Sabe-se que, para incorporar adequadamente estratégias bioclimáticas no projeto de arquitetura, é necessário compreender os fenômenos físicos envolvidos no desempenho das edificações. Este entendimento é facilitado quando há uma associação da teoria da área de Conforto Ambiental com a prática do ensino de Projeto de Arquitetura, tendo em vista que “a teoria está presente na exploração criativa das soluções de projeto” (Kowaltowski *et al.* 2007 p. 281, Zambrano *et al.* 2014).

No entanto, de acordo Fonseca & Carlo (2012), a falta de conexão entre a prática projetual e as demais disciplinas, como Conforto Ambiental, ainda é comum a várias escolas de arquitetura. Esse ensino compartimentado, que não estimula suficientemente as experiências didáticas multidisciplinares, leva o aluno a dissociar a teoria da prática arquitetônica, o que gera conflitos entre o projeto desejado e o real desempenho da edificação.

Neste contexto, alguns professores do curso de Arquitetura e Urbanismo de uma faculdade localizada em Vitória (ES) se uniram numa experiência didática, realizada no semestre de 2015/1, que utilizou o projeto arquitetônico, da fase de levantamento de dados até o estudo preliminar, desenvolvido na disciplina de Projeto de Arquitetura III (PAIII), como veículo de aprendizado dos conceitos de geometria da insolação, ministrados na disciplina de Conforto Ambiental I, permitindo a visualização destes conceitos aplicados no projeto através da simulação das maquetes físicas em um simulador da trajetória solar aparente (heliodon).

Para Zambrano *et al.* (2014), a simulação física através do heliodon, auxilia na compreensão dos conceitos de geometria da insolação e a testar opções, de forma a verificar as melhores alternativas a serem desenvolvidas no momento da concepção do projeto arquitetônico. Nos estudos de implantação, orientação de fachadas e aberturas, determinação dos dispositivos de proteção solar, influência do entorno na insolação do

terreno, dentre outros, a visualização imediata das áreas iluminadas e sombreadas nas diversas horas do dia e épocas do ano torna mais fácil, didaticamente, a visualização das estratégias bioclimáticas aplicadas ao projeto.

Ainda de acordo com Zambrano *et al.* (2014), a simulação do projeto arquitetônico pode ser realizada através de modelos físicos ou computacionais. Porém, a simulação de maquetes físicas permite uma fácil manipulação do modelo arquitetônico em estudo. Em consonância, Braida *et al.* (2014, p. 891) afirma que “a produção de modelos digitais [...] não propicia a manipulação tátil e o mesmo processo cognitivo alcançado com as experimentações envolvendo modelos físicos”.

As maquetes físicas são modelos tridimensionais em escala exata ou reduzida, com funções, objetivos, materiais e características variadas, que facilitam o entendimento e a comunicação de ideias. Além disso, estes são instrumentos de baixo custo que auxiliam no processo projetual, tornando-se elementos eficientes para representação e simulação de projetos (Mills 2007, Braida *et al.* 2013). Segundo Braida *et al.* (2014, p. 889), as maquetes físicas podem ser utilizadas no estudo de vários aspectos, dentre eles o conforto ambiental, pois “a partir destes modelos a compreensão do volume se torna mais acessível [...] possibilitando a avaliação de aspectos quantitativos e qualitativos com maior precisão e controlados em laboratório.”

Desse modo, essa experiência didática multidisciplinar permitiu aos alunos melhorar o domínio dos conceitos relativos a geometria da insolação, um dos aspectos fundamentais no projeto arquitetônico bioclimático. Observou-se também que a associação da teoria na área de Conforto Ambiental e a prática de Projeto de Arquitetura fornecem algumas restrições que favoreceram a criatividade no processo projetual. Segundo Kowaltowski *et al.* (2007), diversas pesquisas sobre criatividade, em outras áreas de conhecimento, atestam que estas restrições são consideradas necessárias ao processo criativo. Além disso, outras experiências já publicadas, como as de Fonseca & Carlo (2012), Braida *et al.* (2013, 2014) e Zambrano *et al.* (2014), relatam que as maquetes físicas são, de fato, um instrumento bastante eficiente nos estudos bioclimáticos e processos projetuais.

Nesse contexto, o objetivo desse trabalho é apresentar uma experiência didática que utilizou o processo projetual desenvolvido na disciplina de Projeto de Arquitetura III (PA III) como veículo de aprendizado dos conceitos de geometria da insolação, apresentados na disciplina de Conforto Ambiental I, permitindo a visualização destes conceitos através da simulação das maquetes físicas em um simulador da trajetória solar aparente (heliodon), além de demonstrar os resultados referentes à contribuição no aprendizado dos alunos.

2. METODOLOGIA

Essa experiência didática foi realizada com 167 alunos do terceiro período do curso de Arquitetura e Urbanismo, distribuídos entre as turmas matutinas e noturnas, no semestre de 2015/1. Iniciou-se com a exposição teórica dos conceitos de geometria da insolação e sua influência no desempenho da edificação, durante as aulas da disciplina de Conforto Ambiental I. Em paralelo, a disciplina de PA III apresentou o tema do projeto: uma academia de ginástica baseada nos conceitos de arquitetura bioclimática, bem como o

terreno, as condicionantes legais e demais restrições a serem seguidas no desenvolvimento do projeto.

Após estudos bidimensionais e a definição do projeto, em fase de estudo preliminar, foram confeccionadas maquetes físicas de maneira a representar, principalmente, as volumetrias e aberturas dos edifícios, itens importantes para o estudo de insolação.

As simulações destas maquetes com o heliodon (Fig.1) foram realizadas no Laboratório de Conforto Ambiental da instituição de ensino. Para a simulação, as maquetes foram posicionadas no centro do heliodon, orientadas em relação ao norte geográfico e o equipamento foi ajustado para a latitude, azimute e altura solar correspondentes. É importante ressaltar que o heliodon usado tem dimensões reduzidas e por isso, a escala relativa entre o heliodon e as maquetes poderá ocasionar pequenas distorções nos ângulos de insolação. Entretanto, estas diferenças não interferem de forma significativa na finalidade da experiência.



Figura 1. Heliodon utilizado nas simulações. Fonte: Acervo dos autores

Ao final, para se obter uma avaliação qualitativa da experiência didática realizada, os alunos responderam a um questionário, cujo objetivo foi registrar a sua percepção frente à realização das etapas do trabalho e os conhecimentos e aprendizado adquiridos. Esse questionário é composto de oito perguntas com respostas de múltipla escolha, e ao final possui um espaço para o aluno comentar sobre seu aprendizado e dar contribuições visando o aprimoramento da experiência.

As respostas de quatro dessas perguntas buscaram avaliar o grau de importância da atividade, variando de 1 a 5, sendo a resposta 1 como sem importância e a resposta 5 como muito importante. Por sua vez, nas respostas das outras quatro perguntas, os alunos puderam responder entre sim, não ou não sei. Os resultados foram tabulados e estão apresentados no próximo item sob forma de texto explicativo, tabela e quadro.

3. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Ao longo do semestre, os conceitos aprendidos em Conforto Ambiental foram inseridos, na forma de estratégias bioclimáticas, nos projetos arquitetônicos desenvolvidos pelos alunos na disciplina de PA III desde a fase de implantação do edifício. O estudo ilustrado na Figura 2 foi realizado considerando-se: a latitude do local de implantação do projeto, a época do ano e hora do dia, além das coordenadas solares, azimute e altura solar.

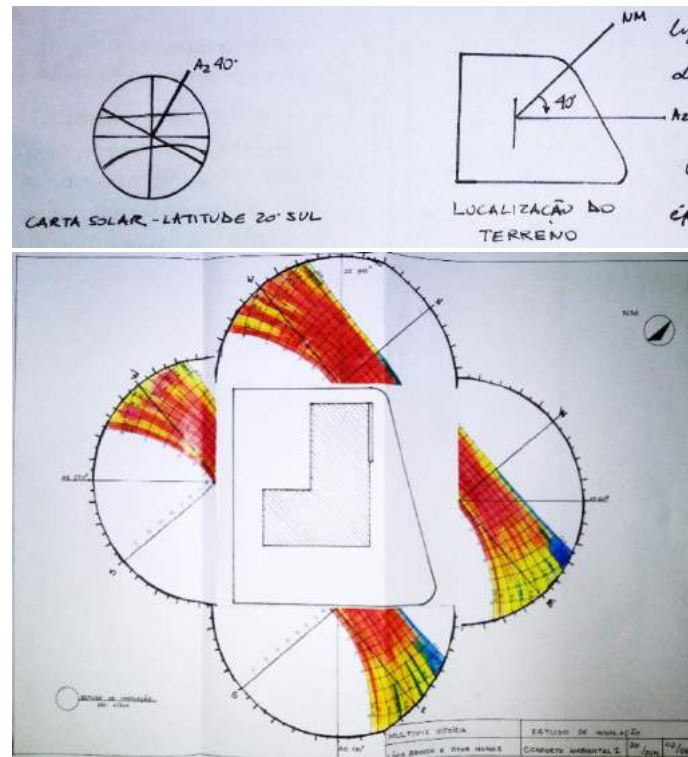


Figura 2. Estudo da geometria da insolação, com auxílio da carta solar, na fase de implantação do edifício por grupos de alunos da turma noturna. Fonte: Acervo dos autores

Após esta fase, com a definição do projeto, foi realizado o dimensionamento dos dispositivos de proteção solar através dos ângulos vertical (α) e horizontal (β) de sombreamento, como mostra a Figura 3.

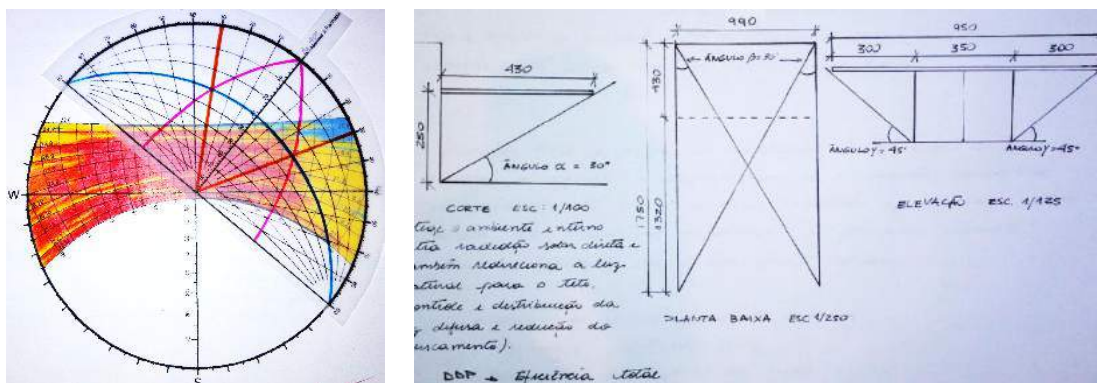


Figura 3. Determinação dos dispositivos de proteção solar por um grupo de alunos da turma noturna. Fonte: Acervo dos autores

A experiência didática priorizou o estudo da relação entre a radiação solar direta e o edifício, tendo em vista que a radiação solar direta influencia diretamente o desempenho térmico e lumínico da edificação, levando a alto ganho térmico e iluminância excessiva em ambientes internos. Sendo assim, os estudos tiveram foco nas análises quanto à geometria da insolação. Considerando-se que o local de implantação do projeto é a cidade de Vitória-ES, foram utilizados para estes estudos instrumentos gráficos como a carta solar para latitude 20° Sul e o gráfico auxiliar para traçado de máscaras de sombra (Frota, 2004).

Os professores incentivaram a pesquisa de edifícios que utilizam estratégias bioclimáticas em sua concepção, a fim de estimular os alunos a desenvolver possibilidades diferentes de

dispositivos de proteção solar (Fig.4). A intenção era fazer com que estes dispositivos agregassem valor à forma arquitetônica, aliando-se a estética da edificação.

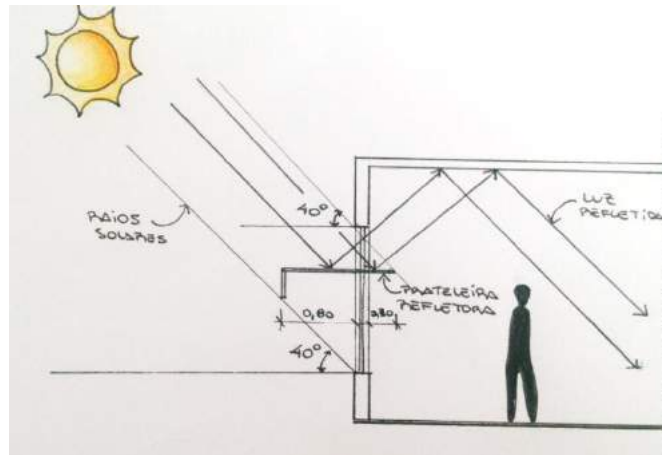


Figura 4. Dimensionamento da prateleira de luz. Estratégia adotada por um grupo de alunos da turma matutina. Fonte: Acervo dos autores

Inicialmente, diante da proposta multidisciplinar, observou-se que os alunos resistiam frequentemente, em abdicar de uma proposta formal, mesmo quando as questões de conforto ambiental eram apontadas como problemáticas. Entretanto, notou-se que a existência de problemas e restrições estimulou o desenvolvimento de projetos criativos e com qualidade bioclimática adequada (Fig. 5).

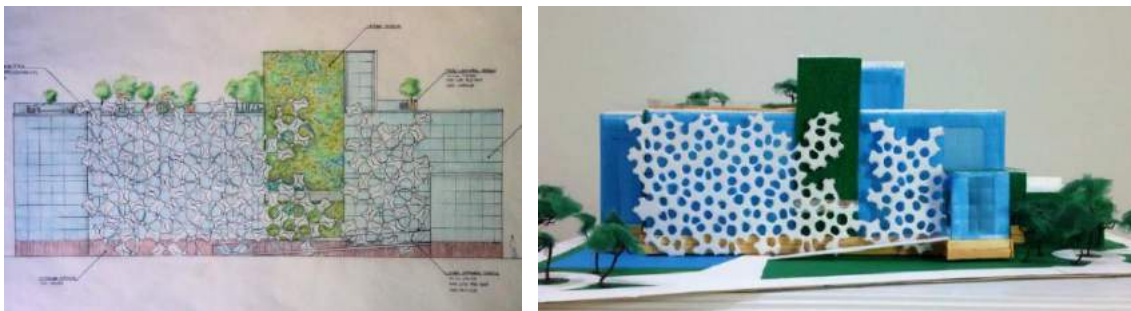


Figura 5. Fachada frontal e maquete de um projeto concebido por um grupo de alunos da turma noturna. Fonte: Acervo dos autores

Neste contexto, entende-se que o projeto é a criação artística, mas também tecnológica, em que, através das investigações, são realizadas idéias (Kowaltowski *et al.*, 1998). Desse modo, é necessário adotar práticas de ensino de projeto de arquitetura que, além de defender o processo criativo, levem a um processo de projeto mais consciente, gerando edificações eficientes e com bom desempenho ambiental.

Como já descrito por outros autores, esta experiência confirmou que, a partir do estudo dos modelos tridimensionais e das simulações realizadas com o auxílio do heliodon (Figs 6-8), os alunos conseguiram compreender melhor a influência da insolação no edifício. Essa experiência contribuiu para a melhoria da qualidade do aprendizado da base teórica da influência dos fenômenos físicos no momento da elaboração dos projetos arquitetônicos, comprovando que, efetivamente, a aula prática é o momento em que ocorre uma maior aproximação do aluno com o professor e com a experimentação da teoria no processo projetual.



Figura 6 – Simulação da maquete física de projeto concebido por um grupo de alunos da turma matutina. Fonte: Acervo dos autores

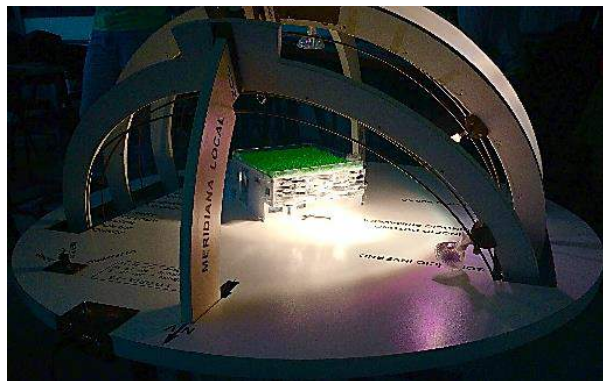


Figura 7– Simulação da maquete física de um projeto concebido por um grupo de alunos da turma noturna. Fonte: Acervo dos autores



Figura 8 – Simulação da maquete física de um projeto concebido por um grupo de alunos da turma noturna. Fonte: Acervo dos autores

É importante ressaltar que, diversos alunos verificaram, durante as simulações, que melhores alternativas poderiam ter sido desenvolvidas no momento da concepção do projeto arquitetônico. Este fato confirma as afirmações de que a simulação física, através do heliodon, auxilia a testar opções, de forma a verificar as melhores estratégias a serem desenvolvidas no projeto, melhorando a compreensão dos conceitos bioclimáticos.

Para confirmação dessas observações dos alunos, o questionário aplicado ao grupo de alunos foi tabulado e revelou que 73% avaliaram como “muito importante” o uso das maquetes como elemento de estudo para compreensão do projeto. Quando perguntados se, após a análise do modelo tridimensional obtido do seu projeto realizado, eles

mudariam a concepção inicial, 56,2% responderam positivamente, enquanto que 29,9% disseram que não mudariam, os outros alunos não souberam responder. Esses resultados confirmam a importância da execução da maquete física no ensino de projeto como auxílio à compreensão do mesmo.

Nas três perguntas seguintes desse questionário buscou-se avaliar o grau de importância de: (1) conhecimento de geometria solar para concepção do projeto, (2) uso do heliodon para compreensão da geometria solar através do estudo da trajetória aparente do sol e (3) uso da simulação da maquete física no heliodon quanto ao entendimento da influência da radiação solar na edificação. A Tabela 1 apresenta esses resultados.

Tabela 1 – Resultados parciais do questionário aplicado

Resultados	Pergunta (1) (%)	Pergunta (2) (%)	Pergunta (3) (%)
Sem importância (respostas 1, 2 e 3)	3,6	2,3	4,1
Importante (resposta 4)	13,20	27,6	22,80
Muito importante (resposta 5)	83,20	70,10	73,10
Total	100	100	100

O expressivo índice de respostas em que os alunos consideram importante ou muito importante os questionamentos realizados, podem indicar que os conhecimentos teóricos adquiridos sobre geometria solar e trajetória aparente do sol, puderam ser mais bem assimilados pelos alunos quando foi realizada a simulação da maquete física da edificação projetada no heliodon.

Nas perguntas seguintes buscou-se avaliar o índice de satisfação dos alunos em relação à experiência realizada e ainda se a repetiriam, através de três perguntas: (1) Os professores das disciplinas de projeto devem cobrar a aplicação de conceitos bioclimáticos aprendidos na disciplina de conforto ambiental, (2) A partir da experiência de integração das disciplinas de PAIII e Conforto Ambiental, você buscará integrar as diretrizes de conforto nos próximos projetos, e (3) Se você tivesse a oportunidade, simularia voluntariamente a maquete das próximas disciplinas de projeto no heliodon para testar as alternativas de orientação da edificação, aberturas, sombreamento, proteção solar, etc.

Nas duas primeiras perguntas dessa sequência observou-se que 91,60% dos alunos responderam positivamente a primeira pergunta, e 92,80% à segunda pergunta. Esses resultados apontam que, os alunos acreditam que os conceitos bioclimáticos, bem como as diretrizes aprendidas na disciplina de Conforto Ambiental devem ser utilizados nos próximos projetos que realizarão e os professores deverão cobrar essa utilização.

Por sua vez, na última pergunta dessa sequência, questionou-se sobre a confecção e simulação voluntária de maquetes, obteve-se 77,84% de respostas positivas, 4,2% de respostas negativas e os outros alunos responderam que não sabiam. Nesse resultado pode-se perceber que muitos alunos acreditam na importância da simulação da maquete física no heliodon como ferramenta de auxílio à definição do projeto arquitetônico bioclimático, e fariam a simulação, mesmo que o professor de projeto não solicitasse.

Por fim, dentre os comentários registrados pelos alunos no último item do questionário, pode-se destacar, no Quadro 1, alguns mais expressivos.

Quadro 1 – Principais comentários dos alunos

ALUNO	COMENTÁRIOS
Aluno 1	"A integração das duas disciplinas possibilitou a aplicação dos conhecimentos de conforto ambiental desde o início do projeto, entendendo o quanto é necessário pensar de forma correta o posicionamento da edificação, a distribuição dos ambientes e o posicionamento das aberturas no projeto".
Aluno 2	"A integração das disciplinas fez com que os conhecimentos fossem explorados, dando uma noção de como um arquiteto deve pensar".
Aluno 3	"Somente depois da aplicação dos conhecimentos adquiridos em conforto no projeto da academia, é que pude observar a importância da disciplina para os projetos de arquitetura".
Aluno 4	"Após as aulas ministradas pude compreender a relação da edificação e os fatores externos a ela, além de aprender os métodos adequados para aliar o projeto a esses condicionantes, tornando meu partido mais bem elaborado, uma vez que, o principal objetivo da arquitetura é abrigar os indivíduos com conforto".
Aluno 5	"Vivemos uma situação de crise energética onde os conhecimentos de conforto são totalmente aplicáveis. Um projeto pensado em relação à ventilação natural e a insolação pode apresentar ganhos na qualidade de vida dos usuários, redução do consumo energético e até redução nos gastos".
Aluno 6	"Ajudou a compreender a importância do uso de dispositivos sombreadores para o conforto do usuário da edificação. Além do uso de elementos naturais, como ventilação e iluminação que ajuda na sustentabilidade. E a entender o impacto da edificação e nas edificações ao seu redor".

Com isso, pode-se perceber o quanto a experiência foi positiva e pode contribuir para que o conhecimento teórico da disciplina de Conforto Ambiental seja aplicado no desenvolvimento do projeto arquitetônico.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

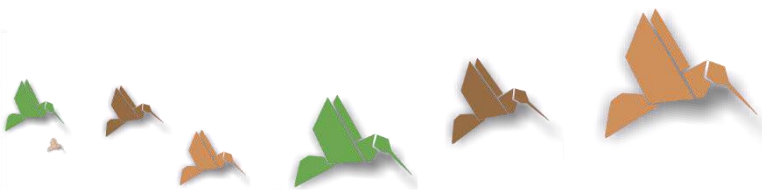
Os conhecimentos teóricos de geometria da insolação através de estratégias bioclimáticas, como a aplicação de dispositivos de proteção solar, por exemplo, ministrados na disciplina de Conforto Ambiental, aconteceram em paralelo ao desenvolvimento do processo de projeto da disciplina de PA III, que se iniciou com o levantamento de dados e condicionantes do terreno, partido arquitetônico até a entrega final em nível de estudo preliminar. A integração das disciplinas tornou a carga teórica da disciplina de Conforto Ambiental mais atraente, pois os alunos conseguiram compreender os conceitos e fenômenos e puderam aplicá-los no projeto arquitetônico em desenvolvimento.

A execução de maquetes físicas e simulação no heliodon permitiu aos alunos perceber que outras alternativas poderiam ter sido escolhidas no momento da concepção do projeto arquitetônico, o que confirma que simulações desse tipo auxiliam significativamente no processo de projeto e nas definições de estratégias bioclimáticas.

A aplicação do questionário contribuiu para registrar as percepções dos alunos em relação à experiência desenvolvida. Pode-se perceber, principalmente nos comentários dos alunos, o quanto o resultado foi positivo e, em função desse resultado os professores resolveram repetir a experiência nas mesmas disciplinas. O sucesso da experiência tem levado a questão da integração de duas ou mais disciplinas para ser discutida em reuniões de colegiado, e vislumbra-se a ampliação para outras disciplinas afins no decorrer do curso de arquitetura.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, C. N. D. Análise de projetos com uso de diagrama morfológico: Experiências didáticas. In: *XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*, 2008, Fortaleza. Anais... Fortaleza: ENTAC, 2008.
- BRAIDA, F.; ALVES, A. F.; LOPES, C. F.; ZAMBRANO, L. M. A produção de maquetes para ensaios em laboratório de conforto ambiental na UFJF. In: *XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*, 2014, Maceió. Anais... Maceió: ENTAC, 2014.
- BRAIDA, F.; MAGALHÃES, J. S. de P.; RODRIGUES, K. C.; SILVA, F. A. O lugar dos modelos tridimensionais e das maquetes de arquitetura e urbanismo no estudo do conforto ambiental e da ergonomia. In: *XII Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e VIII Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído*, 2013, Brasília. Anais... Brasília: ENCAC; ELACAC, 2013.
- FONSECA, L. P. G.; CARLO, J. C. Ferramentas didáticas para apoio às disciplinas da área de conforto ambiental. In: *XIV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*, 2012, Juiz de Fora. Anais... Juiz de Fora: ENTAC, 2012.
- FROTA, A. B. *Geometria da Insolação*. 1.ed. São Paulo: Geros, 2004.
- KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; LABAKI, L. C.; DE PAIVA, V. T.; BIANCHI, G.; MÖSCH, M. E. Ensino de projeto bioclimático: O papel dos problemas e restrições no processo criativo. In: *IX Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído; V Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído*, 2007, Ouro Preto. Anais... Ouro Preto: ENCAC; ELACAC, 2007.
- KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; LABAKI, L. C.; PINA, S. M. G.; BERTOLLI, S. R. A visualização do conforto ambiental no projeto arquitetônico. In: *VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*, 1998, Florianópolis. Anais... Florianópolis: ENTAC, 1998.
- MILLS, C. B. *Projetando com maquetes: um guia para a construção e o uso de maquetes como Ferramenta de projeto*. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2007.
- ZAMBRANO, L. M. A.; CASTRO, E. B. P.; GOMES, F.; MARQUES, A. C.; BASTOS, P. K. X.; MACHADO, E.; FONTES, P.; CABRAL, M.C.; SANTOS, C. V. M.; CARVALHO, D. A.; CYRILLO, Y. Simulação física em heliodon computadorizado no ensino da concepção arquitetônica bioclimática. In: *XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*, 2014, Maceió. Anais...Maceió: ENTAC, 2014.



Cenário da reciclagem e reuso de resíduos da construção e demolição em Natal, RN – Brasil

Regina Lúcia Guimarães Nobre

Universidade Potiguar, School of Exact Sciences and Engineering, Natal (RN), Brazil
reginanobre.eco@gmail.com

Natália dos Santos Mabel Oliveira

Universidade Potiguar, School of Exact Sciences and Engineering, Natal (RN), Brazil
natallia.mabel@gmail.com

Taluanne Balbino Araújo

Universidade Potiguar, School of Exact Sciences and Engineering, Natal (RN), Brazil
taluanneba@hotmail.com

Sérgio Ricardo Costa Pereira

Universidade Potiguar, School of Exact Sciences and Engineering, Natal (RN), Brazil
professorsergio@hotmail.com.br

Vitor Ferreira Rêgo

Universidade Potiguar, School of Exact Sciences and Engineering, Natal (RN), Brazil
vitorrego30@gmail.com

Débora Nogueira Pinto

Universidade Potiguar, School of Exact Sciences and Engineering, Natal (RN), Brazil
debora.pinto@unp.br

ABSTRACT: Construction Industry is responsible for 50% of natural resources consumption, thus adopting sustainable practices regarding use and adequate disposal of civil construction and demolition wastes (CDW) are of utmost importance. Recycling and reuse of CDW has been consolidated as an important sustainable practice and has great potential to diminish environmental impact generated by civil industry as well as reduce costs in building constructions. In this context, the aim of this study was verify the current scenario regarding CDW reuse in Natal, RN, Brazil. Currently two main regulations concerning management of solid wastes, CONAMA Resolution N^o 307/ 2002 and Law N^o 6.298/2011, advise about CDW disposal, encouraging reuse in building constructions. To get data related to the use of recycled materials in civil industry, in loco visitations and questionnaires were conducted in construction sites. Quantitative data on generation and recycling of CDW were gathered with the company responsible for waste management in Natal. In the last five years there has been a great evolution in waste management, recycling and reuse, although this use is far from ideal. Most of CDW are disposed in an irregular way,

causing severe environmental damages and threatening public health. Although there are legislations providing guidance to the management and recycling of CDW, inspection is ineffective. In order to a sustainable development in construction section, there is an urge for incentive policies in civil industry to the use of recycling and reuse of CDW and promotion of environmental awareness of civil enterprises, their employees and civil society.

Keywords: *CDW, sustainable development, recycling, reuse, waste management*

1. INTRODUÇÃO

Os materiais usados na construção civil são provenientes do processamento de recursos naturais. O ciclo de vida destes materiais, desde a extração do recurso, até o seu processamento e incorporação às edificações invariavelmente consome energia e gera refugos (Roaf, 2009). Mesmo a produção de materiais simples como o cimento pode ser responsável por até 5% das emissões humanas globais de Dióxido de Carbono (Kruse, 2004). Estima-se que 16,6% das emissões de CO₂ são provenientes do setor da construção gerando impactos ambientais globais severos como o efeito estufa (Gauzin-Müller, 2001).

A indústria da construção civil é reconhecida como uma das mais importantes atividades para o desenvolvimento econômico e social, mas, por outro lado, apresenta-se como grande geradora de impactos ambientais, quer pelo consumo de recursos naturais, quer pela modificação da paisagem ou pela geração de resíduos. Esta indústria é responsável pelo consumo de grande parcela dos recursos naturais. No Brasil, a esta atividade, estão relacionados 50% do consumo de água potável e 44% do consumo de energia elétrica, além de produzir até 60% do total resíduos sólidos gerados no país (GBCBrasil, 2106). O setor tem então o desafio de conciliar uma atividade produtiva dessa magnitude com condições que conduzam a um desenvolvimento sustentável consciente e menos agressivo ao meio ambiente (Pinto, 2005).

Neste sentido, a geração, tratamento e disposição final dos resíduos sólidos provenientes da construção civil constituem um tema de preocupação internacional e as práticas relacionadas a arquitetura e construção sustentável tem ganhado cada vez mais espaço. A definição de construções e arquitetura sustentável envolve a criação de prédios que objetivam o aumento da qualidade de vida no ambiente construído e no seu entorno, integrado com as características de vida e do clima local, diminuindo o consumo de recursos naturais e energia. Logo, a reciclagem e reutilização dos resíduos da construção e demolição (RCD) se consolida como uma prática sustentável importante e tem um grande potencial para diminuir o impacto ambiental gerado pela indústria civil, bem como reduzir o consumo de recursos naturais e os custos de construção de edifícios.

Os 3Rs (reduzir, reutilizar e reciclar) são o tripé que tornam sustentável a construção. Segundo a Environmental Protection Agency (EUA, 2016), Agência de Proteção Ambiental Americana, a redução na fonte gera grande impacto positivo quanto a redução de materiais descartados, uma vez que prioriza materiais já produzidos de maneira sustentável. É através da elaboração do Plano de Gestão de Resíduos Sólidos (PGRS) que são identificados os potenciais de fornecimento de materiais e onde o desperdício pode ser evitado. Ainda, o PGRS indicará a forma de acondicionamento e a destinação desses materiais, a fim de proporcionar a reciclagem e manter o ciclo de vida. PGRS indicará a forma de acondicionamento e a destinação desses materiais, a fim de proporcionar a reciclagem e manter o ciclo de vida.

Diante dessa problemática, a reciclagem passa a ser uma forma eficaz para melhorar a situação. Assim, ao mesmo tempo em que o reaproveitamento acontece, nos deparamos com diversas ações benéficas: o meio ambiente deixa de receber entulhos; as reservas naturais são preservadas; milhares de empregos são criados dentro das grandes empresas que trabalham na reciclagem; a economia se fortalece com o giro comercial do produto reciclado; os produtos da construção civil tendem a baratear, aquecendo a economia.

Dessa forma, chegamos à necessidade da regulamentação da gestão do RCD no Brasil. No momento cabia o apoio rígido da lei, e esse se mostrou eficaz com a adoção da Resolução N.º 307/2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, disciplinando as ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais, seguida pela Lei Federal N.º 12.305/2010.

Em Natal, cidade escolhida como campo de pesquisa, a forma de disposição do RCD é estabelecida pela Lei N.º 4.100/92 e pela Lei N.º 6.298/2011, que “institui o Programa de Reciclagem de Entulhos da Construção Civil no Município de Natal, o qual tem como objetivo incentivar o processamento, a comercialização e o reaproveitamento de matérias recicláveis, provenientes do refugo da construção civil e demolições”.

Mais recentemente, no ano de 2015, a prefeitura de Natal desenvolveu o seu Plano Municipal de Saneamento Básico que tem como foco o diagnóstico da situação dos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos urbanos na cidade.

Já ciente das leis que tratam do manejo do RCD, seguiu-se para uma pesquisa de campo, trabalhada de forma qualitativa e desenvolvida através de questionários respondidos por funcionários das empresas selecionadas para estudo a fim de colher dados para uma futura análise.

Desta feita, chegamos ao nosso foco de estudo que tem como objetivo analisar como vem sendo realizada a gestão dos RCD na cidade de Natal. Levando em consideração a sua destinação e o processo de reciclagem, a fim de propor soluções para melhorar o cenário atual. Para concretizar tal feito, foram aferidos os dados obtidos a fim de constatar a eficiência do modelo de gestão, reciclagem, comercialização do RCD no município e conseqüentemente apontar as fragilidades.

Segundo o SINDUSCON/SP (2015, p. 12), a geração dos resíduos ocorre de forma difusa nas cidades, sendo que a maior parcela é proveniente de reformas e da autoconstrução – cerca de 70% do volume gerado. Para efetiva solução, considerando-se ainda as especificidades regionais, são necessárias ações integradas dos governos municipal, estadual e federal com a iniciativa privada.

Diante desse quadro, se justificam estudos que venham gerar dados qualitativos para um futuro estudo de caso em prol do fortalecimento da cultura da reciclagem, e de estratégias para promover a cultura do reaproveitamento no Estado do Rio Grande do Norte

2. METODOLOGIA

Foram consultados os dispositivos legais pertinentes ao tema a fim de identificar os atores responsáveis pela disposição e destinação final dos RCD no município de Natal. Após identificação destes atores, foram feitas entrevistas para coleta de dados quantitativos (coleta de RCD em ton) e qualitativos (quais empresas coletam e reciclam RCD na cidade).

No Rio Grande do Norte existem duas usinas de reciclagem no âmbito privado, são elas: T e Grupo Duarte. Já do setor público, a URBANA, que recolhe os RCD disposto de forma irregular em terrenos baldios e canteiros, contribuiu de forma singular para a pesquisa. Todo esse trabalho foi realizado entre os meses de fevereiro e maio do ano de 2016. Alguns dados

quantitativos também foram obtidos através do parecer de fontes tidas como primárias e secundárias, as quais são apontadas por Figueiredo (2012) como sendo advindas dos relatórios do Ministério das Cidades intitulados Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Brasileiros e informações disponibilizadas na página eletrônica da Prefeitura do Natal sobre a gestão dos resíduos na cidade. Ainda, as informações veiculadas na audiência solicitada pelo Ministério Público do Rio Grande do Norte e Segunda Oficina de Construção do Plano de Coleta Seletiva de Natal.

Os dados foram analisados de forma qualitativa objetivando descrever a situação atual da geração, potencial de beneficiamento e reciclagem, bem como a disposição final dos RCD produzidos no município de Natal.

3. RESULTADOS

3.1 Instrumentos legais referentes a gestão de RCD

Atualmente dois instrumentos legais principais dispõem sobre a gestão de resíduos sólidos em âmbito nacional, a lei N.º 12.305/2010 que institui a Política Nacional de resíduos sólidos e a Resolução Nº 307/2002 do Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA, que estabelece diretrizes critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da Construção civil. Especificamente para o município de Natal, a Lei N.º 6.298/2011 trata da reciclagem de resíduos sólidos provenientes da construção civil no município. A partir desta lei, institui-se o Programa de Reciclagem de Entulhos da Construção Civil no Município de Natal, objetivando o incentivo do processamento, comercialização e reaproveitamento de matérias recicláveis, provenientes do refugo da construção civil e demolições.

Nos termos das leis anteriormente citadas, é estabelecido que o ente gerador de RCD (empresas, construtoras, demolidoras, transportadoras) fica responsável pela sua destinação e disposição final ambientalmente adequada. Especificamente, na Lei municipal N.º 6.298 / 2011, é definido que os entes geradores devem se responsabilizar pela destinação adequada do RCD gerado, diretamente ou terceirizando o serviço, destinando-o a empresas especializadas em reciclagem de RCD.

3.2 Destinação dos RCD no município de Nata/RN

Em contato com a Companhia de Serviços Urbanos de Natal – URBANA, o órgão público responsável pela coleta regular do lixo domiciliar no município, foi informado que atuam na região da grande Natal, três usinas principais de reciclagem de resíduos da construção civil, prestando então serviço ao município. São elas: Costa e Filhos Reciclagem e Gerenciamento de Resíduos Ltda. – ECOBRIT e Duarte Usina de Reciclagem. Além disso, a URBANA também informou que coleta os entulhos de RCD irregularmente dispostos como parte de suas atribuições de limpeza pública, destinando-o adequadamente, seguindo a legislação ambiental, para um terreno privado no bairro Guarapes, localizado na zona oeste de Natal (Fig. 1). Este terreno era uma antiga aérea de mineração e está sendo preenchida com entulho para nivelamento do solo e posterior revitalização do terreno.



Figura 1. Esquema referente a destinação dos RCD gerados no município em Natal. Fonte: Elaborado pelo autor, 2016

A partir dos dados quantitativos relacionados a disposição de resíduos sólidos no município de Natal nos últimos três anos fornecidos pela URBANA, pode-se perceber que os RCD dispostos de forma irregular correspondem a 35% de todos os resíduos sólidos coletados pela concessionária, correspondendo ao segundo maior volume de resíduos gerados no município (Fig. 2). Além da coleta de resíduos da construção civil, estão incluídos resíduos de poda, coleta seletiva e a domiciliar, que representa a maior porcentagem de produção geral.

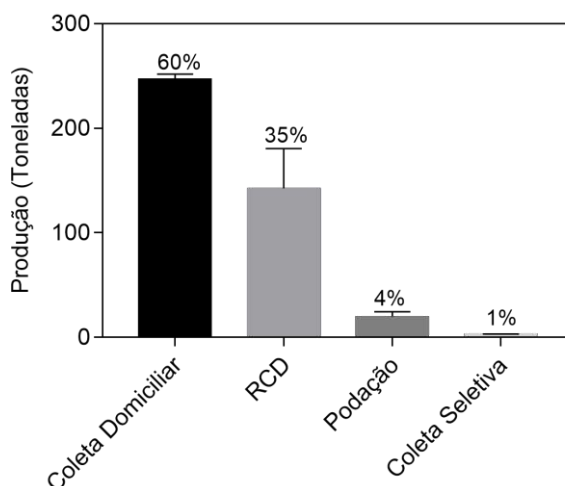


Figura 2. Média e desvio padrão referente a geração de resíduos sólidos (ton) no município de Natal entre 2013 e 2015. Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado de URBANA, 2016

Segundo dados fornecidos pelas empresas ECOBRIT e Duarte, o volume de resíduos coletados é dependente do mercado da construção civil. De acordo com o grupo Duarte, existe uma variação de 160 a 260 m³/dia coletados por dia, o equivalente a uma média de 76650 m³ de RCC coletados por ano, enquanto que a ECOBRIT recebe em média 28000 m³ destes resíduos anualmente. Quando os resíduos chegam às usinas, eles passam por um processo de beneficiamento, onde são triados, coletados, estocados e comercializados. No processo de beneficiamento aplicado no âmbito das empresas estudadas, o volume de resíduos passíveis de reuso e/ou reciclagem varia entre 85% e 95%. O refugo, ou seja, resíduos que não puderam

ser beneficiados, são encaminhados para sua destinação final de acordo com a classificação do resíduo.

Dos RCD recebidos e beneficiados nas usinas estão os resíduos de classe IIA (NBR 10.004/04) e resíduos de classe B (Conama, Resolução N.º 307/02): papelão, papel, plásticos, metais ferrosos e não ferrosos, gesso, madeira e vidro, e resíduos classe IIB (NBR 10.004/04) e classe A (Conama, Resolução N.º 307/02): concreto, cerâmicos, solo, argamassa e similares.

Os materiais classe IIA/Classe B são segregados por tipologia e comercializados para empresas especializadas. Tanto a madeira como o vidro são estocados e vendido a granel ou por peças. Já o gesso é processado em britador e moído através de um sistema exclusivo. Os materiais de classe IIB/ Classe A são triados, separados por tipologia, passam por um processo de limpeza, após são processados no britador de mandíbula e passam pelo separador granulométrico, produzindo brita de diferentes graduações, pó de pedra, entre outros materiais.

Quanto aos principais agregados reciclados gerados a partir do beneficiamento dos RCD foram citados pelas usinas: areia reciclada (pó de pedra), cascalhinho, bica corrida, brita reciclada, rachão (pedra reciclada), metralha limpa, areia barrada e agregados de reciclado misto.

O Grupo Duarte ainda destacou uma problemática comum as Usinas de Reciclagem de RCC. Por falta de conhecimento, treinamento, fiscalização ou conscientização dos entes geradores, muitas vezes as usinas de reciclagem de RCD acabam recebendo uma mistura de classes distintas de resíduos. Apesar de não ser responsabilidade da usina tratar destas outras classes de resíduos, o grupo Duarte informou que a empresa destina adequadamente estes materiais, pois apesar desta atitude gerar custos financeiros diretos, gera benefícios ambientais diretos e indiretos.

Entre os materiais recebidos, foram citados os resíduos de classe I, entre eles, lâmpadas (90 unidades/mês) e EPIs, trapos e outros resíduos que juntos correspondem a 300kg/mês. Estes materiais são encaminhados para empresas especializadas em coleta, transporte e tratamento de resíduos perigosos. Além disso, do material total que chega a usina, em média, 5000 kg/mês correspondem a material orgânico e rejeito, incluindo resíduos de classe C que são encaminhados para empresas especializadas em tratamento de resíduos não perigosos (aterros sanitários).

3.3 Uso potencial dos agregados reciclados

Apesar da NBR 15.116/2004 limitar o uso dos agregados reciclados de RCD na indústria da construção civil para uso não estrutural, o potencial de reuso destes materiais é altíssimo

chegando a 95% como citado por uma das usinas entrevistadas. De acordo com os dados coletados, grande parte dos RCD após britagem, é transformado em bica-corrida que é utilizada como base e sub-base em obras de pavimentação de vias urbanas de rurais, pátios, aterramentos de baldramas, entre outros usos. A Tabela 1 relaciona os principais produtos do beneficiamento e seu reuso potencial na indústria da construção civil.

Tabela 1. Agregados reciclados de RCD e seu uso potencial

Material	Reuso Potencial
Areia Reciclada (pó de pedra)	Argamassa de assentamento de alvenaria de vedação, contrapiso, blocos, tijolos de vedação, solo-cimento.
Bica Corrida	Cascalhamento, pavimentação de vias, aterros e acerto topográfico de terrenos, obras de base e sub-base de pátios industriais e semelhantes
Brita reciclada	Fabricação de concretos não estruturais, drenagens, cobertura de solos de estacionamento, pisos e contra-pisos.
Cascalhinho	Fabricação de artefatos de concreto, pisos e contra-pisos.
Pedra Reciclada (Rachão)	Terraplenagem, drenagem, aterros, pavimentação de vias, alicerce.
Agregados de reciclados mistos	Terraplenagem, aterros, pavimentação de vias, preenchimento de baldrames.

Fonte: Costa e Filhos Reciclagem e Gerenciamento de Resíduos Ltda. (ECOBRICT)

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Se faz cada vez mais necessária a conscientização das empresas, dos geradores de resíduos e dos consumidores quanto a necessidade de incluir em seus sistemas produtivos e de consumo, ações de logística reversa, ou seja, conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial.

O retorno desses resíduos, tanto para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada prologa o ciclo de vida dos materiais, diminuindo a extração de recursos naturais, provocando benefícios sociais, econômicos e ambientais, diretos e indiretos, conduzindo assim a possibilidade de construções mais sustentáveis, considerando todos os aspectos da sustentabilidade.

A cultura da reciclagem vem tomando proporções maiores e a existência dessas empresas já demonstram que é uma área em ascensão. A política Nacional de resíduos sólidos, instituído pela Lei N.º 12.305/10, criou Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos trazendo uma nova forma de gerir os resíduos sólidos, o que é um ponto bastante positivo já que a problemática dos resíduos sólidos não era considerada ponto de importância na legislação Brasileira.

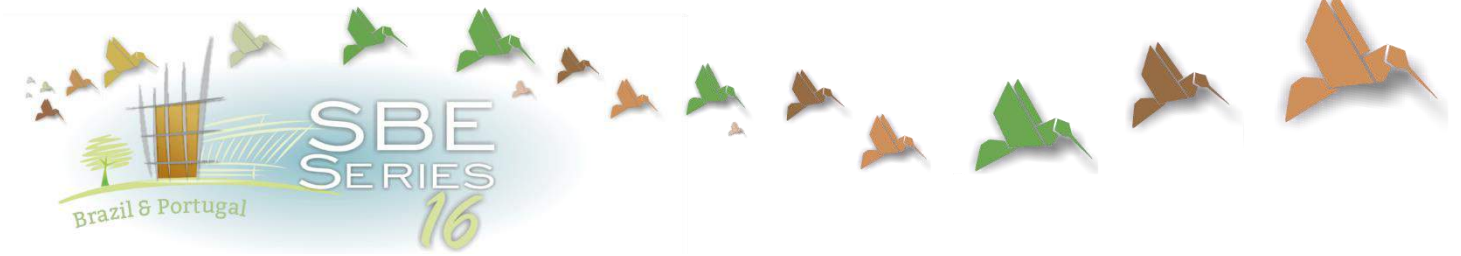
A obrigatoriedade da implantação dos planos de gerenciamento de RCD em canteiros alcança majoritariamente as construtoras de médio e grande porte, relegando a informalidade as construções de menor porte. Assim, nota-se que ainda é muito alto o volume de RCD disposto de forma irregular, inviabilizando seu reaproveitamento.

Por outro lado, acentue-se que o índice de aproveitamento dos RCD que são coletados de forma legalmente prevista é muito alto, chegando a 95% do seu total, embora o gerenciamento dos RCD ainda não seja feito da forma ideal, conforme acentuado pelo grupo Duarte. A triagem correta dos RCD em canteiros traz benefícios ambientais e econômicos, uma vez que reduz o volume das classes de resíduos transportados, bem como beneficia o seu aproveitamento.

É importante frisar que os agregados naturais são finitos e o reuso de material proveniente de RCD deixará de ser uma opção e passará a ser mandatório. Portanto, a correta disposição desse material é imperiosa e imprescindível.

REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2004. *10004: Resíduos sólidos – Classificação*. 2 ed. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2004. *15116: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural - Requisitos*. Rio de Janeiro.
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente. 2002. Resolução Conama N.º 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da União, Brasília.
- Brasil. Lei Federal nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: <file:///C:/Users/TEMP.FB.026/Downloads/LEI-12305-2010.pdf>. Acesso: em 23 jun. 2016.
- Companhia Municipal de Serviços Urbanos (URBANA). Questionário da Situação dos Serviços de Limpeza Urbana e Manejo dos Resíduos Sólidos do Município do Natal. Natal: URBANA, 2014.
- Corbella, O. & yannas, S. 2003. Em Busca de uma Arquitetura Sustentável para os Trópicos: conforto ambiental. Rio de Janeiro: Revan
- EUA. Agencia de Proteção Ambiental dos Estados Unidos. *Resíduos*. 2016. Disponível em: <https://www3.epa.gov/>. Acesso em: 09 maio 2016.
- Figueiredo, F. F. 2012. A gestão de resíduos sólidos em Natal/RN: entre o controle dos resíduos na cidade e o tratamento final no aterro sanitário. *VI Encontro da associação nacional de pós graduação e pesquisa em ambiente e sociedade. Anais dos encontros. Belém – Pará*.
- Gauzin-MülleR, D. 2001. *Arquitetura Ecológica*, São Paulo: Senac, SP
- Kruse, C. 2004. Climate change and the construction sector. In Roaf, S. et al. 2009. *Echohouse: A casa ambientalmente sustentável*. Porto Alegre: Bookman
- Natal. Prefeitura Municipal. Constituição. 2011. Lei nº 6.298, de 30 de setembro de 2011. Reciclagem de Resíduos Sólidos Provenientes da Construção Civil, e dá outras Providências.
- Natal. Constituição. 2011. Lei nº 4.100, de 19 de junho de 1992. Código do meio ambiente do Município de Natal/RN.
- Pinto, T. P. 2005. *Gestão ambiental de resíduos da construção civil: a experiência do Sinduscon-SP*, São Paulo: Obra Limpa; I&T; Sinduscon-SP
- Roaf, S. et al. 2009. *Echohouse: A casa ambientalmente sustentável*. Porto Alegre: Bookman
- Sinduscon. 2005. *Gestão ambiental de resíduos da construção civil: a experiência do SindusCon-SP*. São Paulo: Obra Limpa; I&T; SindusCon-SP



Author Index

SBE16 Brazil & Portugal
Sustainable Urban Communities towards a Nearly Zero Impact Built Environment
ISBN: 978-85-92631-00-0



Author Index

Abrahão, Ricardo	1759	Barreto, Douglas	723
Abrão, Pedro	877	Barros, Bárbara	1103
Aguiar, Fabianne	1143	Barros, Raquel	333, 1629
Aguiar, Karolyna	1649	Bassetto, Luci	1987
Aguiar, Rafaela	621	Bastos, Celso	1003
Akutsu, Maria	973	Bastos, Leopoldo	1083
Albani, Vivian	1315	Bastos, Pedro	887
Albuquerque, Leonardo	401	Bello, Leonardo	449
Almeida, Manuela	99, 441, 955, 1819, 1869	Bernabé, Ana Carolina	199
Almeida, Renata	1093, 1231	Bernabé, Ana Clara	199
Altoé, Emanuella	1897	Berni, Mauro	411
Alvarado, Rodrigo	13, 179	Bertolde, Adelmo	1143
Alvarez, Analía	469	Biasutti, Saulo	963, 1879
Alvarez, Cristina	33, 159, 199, 265, 285, 529, 713, 753, 789, 809, 837, 1269, 1531, 1767, 1829, 1947	Bissoli-Dalvi, Márcia	753, 789, 809, 1947
Alves, Alessandro	1501, 1697	Bittencourt, Leonardo	569
Amador, Carolina	245	Bolssoni, Gabriela	1287
Amorim, Alexandre	459	Bonato, Daniella	1777
Andrade, Amanda	1221, 1967	Borges, Marcos	591, 1241
Andrade, Liza	611, 1325, 1435	Botelho-Francisco, Rodrigo	621
Andrade, Telma	1345	Braga, Leander	955
Aquilino, Andrea	1599	Braga, Maria	255
Araujo, Aline	519	Bragança, Luís	43, 69, 99, 169, 275, 343, 429, 641, 867, 927, 983, 1193, 1589, 1869
Araújo, Catarina	275, 1869	Branco, Neila	1345
Araujo, Luis	449	Brandão, Alexandre	1733
Araújo, Taluane	701	Brandão, Nathalia	189
Araújo, Yngrid	1113	Brandli, Luciana	1725
Arnold, Daiana	149	Brauhardt, Bárbara	69
Arruda, Beatriz	1927	Bremenkamp, Álvaro	361, 1957
Arthur, Lara	459	Brigagão, Livia	1715
Assis, Leandro	1315	Brito, Adriana	973
Azevedo, Abílio	419, 937	Brito, Jordano	1767
Baggiotto, Angelica	1501	Brito, Miriam	1907
Ballesteros, Juan	1053	Brocco, Livia	1839
Barbieri, Indiara	285	Brum, Eduardo	1123
Barbirato, Gianna	1013	Bueno, Cristiane	549
Barbosa, Andrezza	1045	Bueno, Laura	761
Barbosa, Gisele	511, 1707	Bueno, Maruska	245, 255
Barbosa, José	983, 1193	Cabrera-Jara, Natasha	771
Barbosa, Maria	295, 955		

Caldas, Lucas Rosse	1997	Dell Santo, Amabeli	1677
Callejas, Ivan	1063	Dettmer, Tina	1405
Calmon, João	139, 529, 539, 681, 1023	Deus, Gabriel	489
Camacho, Darwin	59	Dias, Ingrid	1839
Câmara, Luiza	1405	Dornelas, Angélica	1231
Campos, Adriana	1511	Drummond, Ana	1173
Campos, Tácio	449	Duarte, Maria	1435
Caram, Rosana	99	Durante, Luciane	1063
Cardoso, Francisco	1355	Edge, Patricia	1405
Cardoso, Murilo	621	Effgem, André	189
Carrara, Ghérsika	819	Espicalski, Kevin	227
Casagrandre Jr., Eloy	1987	Evangelísta, Wemerton	1073
Castano, Alexander	1789	Fabricio, Marcio	549, 1849
Castro, Ana	1415	Fagundes, Othon	1113
Castro, Caroline	733	Fantinelli, Jane	411
Cavalcante, Marianne	539	Fassina, Sirana	79
Cavalcanti, Bárbara	661	Feltes, Jeison	149
Cavaliero, Carla	411	Fenerich, Frederico	1753
Cenci, Laline	179	Fernandes, Jorge	429
Cesar, Sandro	993	Ferreira, Leonardo	1977
Chávez, José	119, 847	Ferreira, Marco	1819
Chong, Cesar	69	Ferreira, Marina	245
Cilento, Bruna	761	Ferreira, Tuani	1183
Cioppa, Antonella	129	Ferreira, Wemerson	419, 937
Có, Jorge	691	Barbosa Filho, Wilson	419, 937
Cochand, Loic	1113	Florenzano, Luciana	1093
Coelho, Edumar	963, 1879	Fonseca, Ingrid	499
Coelho, Felipe	139	Fontoura, Larissa	1669
Coelho, Fernanda	1073	Fornaciari, Rhaina	789
Collaço, Flávia	1859	Frاندoloso, Marcos	217
Conde, Ignacio	1053	Freitas, Maria	601, 621, 671
Conde, Karla	681, 1483	Freitas, Plínio	1201
Correa, Elizabeth	23	Fritsch, Robrigo	217
Correia, Marcia	867	Furtado, Julia	955
Cortez, Pedro	361, 1957	Gata, Kevin	1053
Cosentino, Livia	1241	Gelpi, Adriana	1619, 1743
Costa, Antonella	419	Gervásio, Helena	429
Costa, Fernando	1759	Giacomin, Regiane	1023
Costa, Francisco	601, 671	Giacon, Virginia	1045
Costa, Luiz	1927	Gobb, Janaine	1279, 1373
Costa, Maria	993	Gobbi, Mirna	809
Costalonga, Filipe	33, 371	Goecks, Pedro	207
Coutinho, Sandra	189, 227, 691, 1839	Gomes, Daniella	1511
Covaleski, Joani	1501, 1697	Gómez, Patricia	1053
Cruz, Andrea	1511	Gonçalves, Adilson	1183
Cruz, Marta	1143	Gonçalves, Ricardo	1649
Cruz, Rafael	1463, 1541, 1859	Goulart, Elisa	1531
Cunha, Marco	1033	Gozer, Vanessa	381
Cunha, Rita	1345	Granja, Laura	1937
Cúnsulo, Mario	469	Grigoletti, Giane	631
Dalmaschio, Guilherme	381	Guerrero, Luis	119
D'Amico, Flavio	1053	Guerrero, María	857
		Guimarães, Aline	1335
		Guimarães, Erika	983

Haerr, Parker	305	Martins, Cinthia	313
Hermida, M. Augusta	771, 857, 1385	Martorano, Lucieta	1045
Hofman, Izabela	159	Mass, Bárbara	559
Hülle, Laryssa	1287	Mateus, Ricardo	429, 1193, 1589, 1819
Ibarra, Daniel	13	Matos, Bruna	955
Imbronito, Maria	1579	Melchiorre, Lucia	129
Iten, Muriel	441	Mello, Flávia	691
Jesus, Luciana	361, 1297, 1957	Mello, Robson	139
John, Vanderley	877	Melo, Bruna	1325
Justi, Ana	1809	Melo, Evanisa	1123, 1279, 1373, 1445, 1561
Kalil, Rosa	1619, 1725, 1743	Melo, José	1445
Kanashiro, Milena	1669	Melo, Marcelo	149
Kemczinski, Avaniilde	601, 671	Melo, Ricardo	1123, 1279, 1373, 1445, 1561
Kiperstok, Asher	993	Melo, Rodrigo	1123, 1279, 1373, 1445, 1561
Konassova, Sarka	51	Melotti, Viviani	489
Kuhn, Desireé	1967	Mendonça, Eneida	1395
Kuhn, Eugenia	1425	Mestre, Ana	441
Kurbán, Alejandra	469	Miranda, Clara	1307, 1609
Lacerda, Marco	1083	Mocock, Juliana	661
Lamberts, Roberto	1917	Monte, Fabiano	1541
Langner, Marcelo	59	Monte, Vanderlei	1463
Laranja, Andréa	79, 265, 285	Montes, María	1917
Larivoir, Laura	579, 887	Montilla, Eduardo	469
Larsson, Nils	3	Morais Neto, Gregório	1143
Lazo, Carolina	1163	Morales, Gabriel	119
Lemos, Joana	621	Moratori, Daniel	295
Leo, Vanessa	333	Motomura, Monica	1669
Lepin, Camila	479	Motta, Ana	947
Lima, Debora	611	Mulder, David	305
Lima, Ivaldo	1365	Muniz, Isabela	1887
Lindoso, Teresa	1453	Nakamura, Priscila	89
Lira, Júlia	351, 1997	Nascimento, Heriberto	99
Lopes, Diorges	207	Nascimento, Juliana	169
Lopes, Gabriel	255	Navarrete, Jeremy	779
Loureiro, Oliver	733	Negreiros, Pedro	511, 1707
Lucas, Christiane	651	Neira, Mateo	857, 1385
Macedo, Adilson	1579	Neves, Thiara	819
Machado, Laura	1355	Nico-Rodrigues, Edna	33, 159, 371
Maciel, Mariana	1897	Nobre, Regina	701
Magnus, Lucas	1425	Nogueira, Jairo	323
Magro, Francisco	1123, 1279, 1561	Nogueira, Viviany	1173
Maioli, Ricardo	1287	Novo, Jean	1715, 1733
Malta, Nayara	1315	Nunes, Natalia	227
Manfro, Shauane	1373	Oliveira, Ana	371
Marins, Daniela	265	Oliveira, Felipe	1521
Marins, Karin	1541, 1569, 1639, 1859	Oliveira, Fernanda	1113
Maron, Guilherme	1201	Oliveira, Fernando	569
Marques, Luana	1839	Oliveira, José	401
Marques, Suellem	1947	Oliveira, Marco	43, 343
Martín, Fernando	1053	Oliveira, Mariany	1947
Martinez, Miguel	601		
Martins, Andreia	1849		
Martins, Bruno	1315		

Oliveira, Marlon	159	Rauen, William	733, 829, 1809
Oliveira, Marlus	313	Rebelatto, Bianca	217
Oliveira, Mary	1249	Rebello, Thaís	1003
Oliveira, Natalia dos Santos	701	Rebêlo, Marcelle	1013
Oliveira, Natália Barros	323	Redden, Paul	305
Oliveira, Paulo	411	Rêgo, Vitor	701
Oliveira, Simone	1259	Reis Jr., Neyval	1531, 1829
Oliveira, Wagner	1743	Reis, Daniel	877, 1849
Orellana, Daniel	771, 857	Reis, Maria	1211
Ortega, Andrés	469	Rembiski, Fabrícia	189, 227, 489, 819, 1839
Osario, Pablo	1385	Restrepo, Laura	1789
Ospina, Andrés	1789	Ribeiro, Aline	189
Pacheco, Pablo	1221	Ribeiro, Luana	1073
Padilha, Daiany	1113	Rizzatti, Eduardo	207
Pagel, Érica	1415, 1829	Robles, Daniel	671
Paim, Alessandra	1967	Rocha, Vanessa	1725
Paiva, Claudia	295	Rocon, Carolina	713
Paixão, Daniel	621	Rodrigues, Ana	1819
Paixão, Dinara	43, 343	Rodrigues, Artur	371
Pegoretti, Pâmela	837	Rodrigues, Larissa	109
Peinado, Tyler	305	Romanel, Celso	237, 1405, 1715, 1733, 1759
Penna, Tainah	1395	Romero, Marta	651
Pereira, Bianca	1183	Rossi, Ângela	1103, 1599, 1687
Pereira, Paulo	323	Rovetta, Marina	227
Pereira, Sérgio	701	Sacht, Helenice	59, 69, 99, 169
Peres, Sergio	1173	Sales, Gastão	1579
Perim, Bruna	1315	Salgado, Monica	867, 1033
Piazzarollo, Jessica	897	Saloto, Mateus	1677
Picada, Getúlio	43	Salume, Alberto	539
Piderit, Maria	479, 743, 779	Samaniego, Priscila	857
Pietto, Pedro	1725	Samora, Patrícia	761, 1927
Pimentel, Míria	819	Sanches, Suely	1661
Pina, Silvia	1483	Sánchez, Manuel	1053
Pinares, Manuel	779	Sanhueza, Carolina	479
Pinheiro, Bruna	897	Sant'Ana, Daniel	1799
Pinheiro, José	275	Santana, Marina	1629
Pinho, Giusilene	381, 391	Santander, Alvaro	1053
Pinto, Debora	701, 1113	Santos, Andreia	733
Pires, Tayana	1279, 1373	Santos, Antônio	419, 937
Potuhera, Dhakshan	305	Santos, Jorge	43, 343
Pouey, Maria	1201	Santos, Livia	601
Pozzobom, Cristina	207	Santos, Matheus	973
Prange, Sergio	1153	Santos, Mauro	1511
Pretti, Argeu	529	Santos, Thiago	1123
Pretto, Nelita	1743	Sassi, Paola	1917
Quaresma, Cristiano	1463, 1541	Sattler, Miguel	1221, 1425, 1967
Quilodrán, Miguel	1551, 1907	Sauer, Aline	189, 227, 489, 691, 819, 1839
Rabbani, Emilia	661, 1173	Savi, Adriane	1211
Rabello, Júlia	1767	Scarpinella, Gustavo	1259
Ramírez, Leidy	23	Scheer, Sergio	559
Ramos, Larissa	361, 1297, 1957		
Ramos, Suzany	1297		
Rangel, Larissa	1777		

Senger, Eduardo	907	Trenz, Thaís	1967
Sermarini, Douglas	411	Tucci, Fabrizio	499
Seroa, Ana	1133	Ulian, Giovana	1551
Serra, Bernardo	1687	Ulloa, Ricardo	1163
Serra, Scheyla	723	Vaguetti, Marcos	631
Silva, Adriana	149	Valiente, Ernesto	1053
Silva, Auriele	1063	Vanin, Fábio	1907
Silva, Brenda	1269	Vargas, Paulo	1287
Silva, Carolina	1033, 1839	Vaz, Luciene	947, 1133
Silva, Christiane	1977	Vettorazzi, Egon	59
Silva, Edilson	1493	Viana, Angela	1325
Silva, Eneias	1183	Vieira, Geilma	109
Silva, Fabiana	1531	Vieira, Juliana	1287
Silva, Juan	661	Vieira, Renata	753
Silva, Julia	761	Vieira, Wallason	189
Silva, Juliana	227	Vilela, Erika	1927
Silva, Juvancir	733, 829	Vinhal, Laís	723
Silva, Livia	419, 937	Vizeu, Carolina	753, 809
Silva, Luciene	1453	Waldetario, Kamila	837
Silva, Maclovia	1987	Xavier, Tatiana	1269
Silva, Malena	1767	Ximenes, Deize	1473, 1521
Silva, Paulo	641	Yuba, Naguissa	89
Silva, Ricardo Marcelo	313	Zaganelli, Deborah	1307, 1609
Silva, Ricardo Siloto	1259	Zamboni, Caroline	753, 809
Silva, Sandra	429	Zambrano, Letícia	1937
Silva, Sidnei	799	Zandoná, Bibiana	1697
Silva, Simone	1493	Zapata-González, Lina	743
Simonian, Lonny	305	Zeule, Ludmilla	723
Siqueira, Letícia	681		
Sirtulli, Bruna	33		
Soares, Bianca	917		
Soares, Marília	1677		
Sobreira, Paula	1201		
Sousa, Isabel	1661		
Souto, Lizelda	1173		
Souza Jr., Adilson	1201		
Souza, Claudia	237		
Souza, Denise	391		
Souza, Matheus	631		
Souza, Rafael	1133		
Souza, Rafael Carvalho	947		
Spoto, Rosa	351, 1997		
Stieger, Isabela	591		
Sturzbecher, Gabriela	1501, 1697		
Tavares, Sergio	519, 559, 907, 927, 1211		
Tawayha, Fajer	1589		
Teixeira, Bernardo	799		
Teixeira, Catharina	1473		
Thompson, Daniela	227		
Tiepo, Cristiane	1725		
Tierno, Ricardo	1569		
Tomé, Marina	265		
Torres, Julio	1153		

SBE16 Brazil & Portugal
Sustainable Urban Communities towards a Nearly Zero Impact Built Environment
ISBN: 978-85-92631-00-0

ORGANIZADORES:



APOIADORES:



PATROCINADORES:



COLABORADORES:



FINANCIADORES:



MINISTÉRIO DA
EDUCAÇÃO



ISBN: 978-85-92631-00-0



SBE 16 SERIES

SUSTAINABLE URBAN COMMUNITIES TOWARDS A
NEARLY ZERO IMPACT BUILT ENVIRONMENT

7-9 SEPTEMBER 2016 - VITÓRIA, BRAZIL

VOL II



EDITORS

CRISTINA ENGEL DE ALVAREZ
LUÍS BRAGANÇA
EDNA APARECIDA NICO RODRIGUES
RICARDO MATEUS

SBE16 BRAZIL & PORTUGAL

SUSTAINABLE URBAN COMMUNITIES TOWARDS A NEARLY ZERO IMPACT BUILT ENVIRONMENT

Volume II

Organized by



Partners



Sponsors



Financing





SBE16 BRAZIL & PORTUGAL

SUSTAINABLE URBAN COMMUNITIES TOWARDS A NEARLY ZERO IMPACT BUILT ENVIRONMENT

Editors

Cristina Engel de Alvarez

Luís Bragança

Edna Aparecida Nico-Rodrigues

Ricardo Mateus

© 2016 The authors

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

ISBN 978-85-92631-00-0

1st edition, September 2016

250 copies

LEGAL NOTICE

The Editors are not responsible for the use which might be made of the following information.



Foreword

The organizers of SBE 16 Brazil & Portugal were challenged to promote discussions and the development of solutions for an important and, at the same time, very ambitious topic – Sustainable Urban Communities towards a Nearly Zero Impact Built Environment. This is the main focus of the international conference SBE16 Brazil & Portugal; the only event of the SBE16/17 conference series being held in Latin America, more precisely, in Vitória (Espírito Santo), Brazil, from the 7th until the 9th of September 2016. The conference offered a unique opportunity to bring together researchers from all over the world to share evidence-based knowledge in the field and succeeded to achieve its goals since many contributions from various parts of the planet were received, addressing a tiny part of the problem or trying to perform the difficult task of making the sum of the parts a coherent whole.

The SBE conference series is the pre-eminent international conference series on sustainable building, construction, urban sustainability issues and supporting infrastructure. The series is held on a three-year cycle with planning and preparation in year 1, regional conferences held in year 2 and a single global event to be held in year 3.

The series is owned and supported by high prestige partners, such as the International Council for Research and Innovation in Building and Construction (CIB), the International Initiative for a Sustainable Built Environment (iiSBE), the United Nations Environment Programme (UNEP) and the International Federation of Consulting Engineers (FIDIC). The first conference was launched in 2000 and, since then, the series continues to evolve. Up to 2014, the series was named the “SB” or “Sustainable Building” conference series, but the series coordinators have now changed the series name to “SBE”, standing for “Sustainable Built Environment” series, to more clearly indicate the inclusion of issues related to local urban areas and supporting infrastructure.

The Federal University of Espírito Santo (Brazil), the University of Minho (Portugal) and iiSBE Portugal, with the support of the Brazilian National Association for the Built Environment Technologies (ANTAC) and the Network on Energy Efficient Urban Communities (URBENERE) of CYTED “Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnologia para el Desarrollo”, organized SBE16 Brazil & Portugal. The event succeeded to get the crucial financial and institutional support of the Coordination for the Improvement of Brazilian Higher Education Staff (Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Ensino Superior - CAPES) and the Foundation for Research and Innovation of the State of Espírito Santo (Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo - FAPES), among other sponsors.

The aim of SBE16 Brazil & Portugal is to promote the discussion and development of knowledge on the theme “Sustainable Urban Communities towards a Nearly Zero Impact Built Environment”.

The main objectives of the event are the following:

- I. Promote effective interaction between researchers and professionals working in the various areas of the built environment through different activities offered at the event (lectures, debates, short courses / seminars, exhibitions and practical experiences);
- II. Disseminate scientific and technological achievements in the areas of Building, Construction and Sustainable Communities;
- III. Assess the current state and prospects of development in the areas of research and high education; and
- IV. Encourage the startup of new groups and/or the development of existing groups, preferably with the participation of members from several countries.

These main objectives are achieved through the implementation of the following specific objectives:

- i. To promote the integration of research, education and professional practice, in order to incorporate the guidelines, criteria and products generated by the scientific community in the design and sustainable production of the built environment;
- ii. To disseminate information about products, equipment and services that enable the use of efficient technologies that favor the rational use of energy and the preservation of the environment, without jeopardizing the comfort conditions;
- iii. To deepen awareness among the professionals responsible for the implementation of the built environment on the importance of integrating the concept of sustainability throughout the whole life-cycle, i.e. from design (cradle) until disposal (grave);
- iv. To allow technical community to improve their professional skills through lectures and short courses taught by internationally prominent and highly qualified professionals;
- v. To encourage transdisciplinary studies taking into consideration the necessary correlation between the environment and society, as well as the absolutely need for the economic feasibility of these solutions; and
- vi. To promote the discussions about processes, methods and sustainability assessment tools focused on materials, construction products, buildings and urban communities.

To achieve these specific objectives, the SBE16 Brazil & Portugal conference topics cover a wide range of up-to-date issues in the Sustainable Build Environment field, such as:

- Nearly zero and positive energy built environments;
- Environmentally-friendly renewable energy systems;
- Urban planning for sustainable communities;
- Sustainable urban mobility and accessibility;
- Mitigation of impacts in urban areas;
- Sustainability assessment tools;
- Governance and strategies for a sustainable built environment;
- Technologies for a sustainable building environment;
- Training and education to promote adoption of sustainable approaches;
- Adaptation of cities and buildings to climate changes;
- Contributions and consequences of urban landscaping;
- The BIM concept applied to sustainable buildings and cities.

Like every international event, for SBE16 Brazil & Portugal it is also expected, as outcome, a broad exchange of information between the delegates, resulting from the strategies that allow meetings and the establishment of knowledge networks. In this sense, conferences, short courses, technical visits, communications, poster sessions and even the organization of living spaces highlight and promote the interconnection of this topic and reflect the need that sustainability must be seen and discussed under several points of view.

It is expected that people with diverse backgrounds, different levels and also coming from diverse contexts meet in Victoria, allowing that each participant can understand and learn from other people's reality. The organizers believe that only respecting the differences, the global sustainability may, one day, be achieved.

Finally, the organizers want to address a special thanks to all Authors and Scientific Committee Members for their support and contribution to the successful development of the scientific basis to the knowledge on the theme "Sustainable Urban Communities towards a Nearly Zero Impact Built Environment".

The SBE16 Brazil & Portugal organizers

BRAZIL

PORTUGAL

Prof. Cristina Engel de Alvarez
cristina.engel@ufes.br

Prof. Luís Bragança
braganca@civil.uminho.pt

Prof. Edna Aparecida Nico-Rodrigues
edna.rodrigues@ufes.br

Prof. Ricardo Mateus
ricardomateus@civil.uminho.pt

Federal University of Espírito Santo

University of Minho

Web: <http://lpp.ufes.br>

Web: <http://civil.uminho.pt>

Tel.: + 55 27 4009 2581

Tel.: + 351 253 510 499



Scientific Committee

Alexandre Cypreste Amorim

Instituto Federal do Espírito Santo, Brazil

Amábeli Dell Santo

Instituto Federal do Espírito Santo, Brazil

Ana Paula Rabello Lyra

Universidade Vila Velha, Brazil

Anderson Buss Woellfel

Faculdades Integradas Espirito-Santense, Brazil

Andrea Coelho Laranja

Universidade Federal do Espírito Santo, Brazil

Andrea Naguissa Yuba

Universidade Federal Mato Grosso do Sul, Brazil

Andrea Parisi Kern

Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Brazil

Angela M. Gabriella Rossi

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brazil

Anicoli Romanini

Universidade de Passo Fundo, Brazil

Armando Silva Afonso

Universidade de Aveiro, Portugal

Avanilde Kemczinski

Universidade Federal de Santa Catarina, Brazil

Bernardo Zadomenico Dias

Emp. Brasil. de Ensino Pesquisa e Extensão, Brazil

Catarina Brandão Araújo

Universidade do Minho, Portugal

Christian Wetzel

Calcon, Germany

Clara Luiza Miranda

Universidade Federal do Espírito Santo, Brazil

Cristina Engel de Alvarez

Universidade Federal do Espírito Santo, Brazil

Daniel Chemisana

Universidad de Lleida, Spain

Daniel Pinheiro

Universidade do Minho, Portugal

Dielly Christine Montarroyos Guedes

Emp. Brasil. de Ensino Pesquisa e Extensão, Brazil

Dimitrios Bikas

University of Thessaloniki, Greece

Edna Aparecida Nico-Rodrigues

Universidade Federal do Espírito Santo, Brazil

Edna Mara Pires Gumz

Universidade Vila Velha, Brazil

Eneida Maria Souza Mendonça

Universidade Federal do Espírito Santo, Brazil

Ercilia Hitomi Hirota

Universidade Estadual de Londrina, Brazil

Érica Coelho Pagel

Faculdades Integradas Espirito-Santense, Brazil

Fabiana Trindade da Silva

Faculdades Integradas Espirito-Santense, Brazil

Fabricia Delfino Rembiski

Emp. Brasil. de Ensino Pesquisa e Extensão, Brazil

Fernando Branco

Universidade de Lisboa, Portugal

Gleice Azambuja Elali

Universidade Fed. do Rio Grande do Norte, Brazil

Helenice Maria Sacht

Universidade Federal Latino-Americana, Brazil

Irina Tumini

Universidad del Bío-Bío, Chile

Joana Bonifácio Andrade

Universidade do Minho, Portugal

João Luis Calmon Nogueira da Gama

Universidade Federal do Espírito Santo, Brazil

Jorge de Brito

Universidade de Lisboa, Portugal

Jorge Fernandes

Universidade do Minho, Portugal

Jorge Patrício

Laboratório Nac. de Engenharia Civil, Portugal

José Alí Porras-Salazar

Universidad de Costa Rica, Costa Rica

José Amarílio Barbosa

Universidade do Minho, Portugal

Jussara Farias Fardin

Universidade Federal do Espírito Santo, Brazil

Kamila Zamborlini Waldetário

Faculdades Integradas de Aracruz, Brazil

Karen Allacker

Catholic University of Leuven, Belgium

Liza Maria Souza de Andrade

Universidade Federal de Brasília, Brazil

Luciana Aparecida Netto de Jesus

Universidade de Vila Velha, Brazil

Luís Bragança

Universidade do Minho, Portugal

Manuela Almeida

Universidade do Minho, Portugal

Márcia Bissoli-Dalvi

Universidade Federal do Espírito Santo, Brazil

Maria Augusta Hermida Palacios

Universidad de Cuenca, Equator

Maria Beatriz Piderit Moreno

Universidad del Bío-bío, Chile

Maria de Fátima Castro

Universidade do Minho, Portugal

Maria do Carmo Duarte Freitas

Universidade Federal do Paraná, Brazil

Maria Elena Soldatti

Universidad Tecnológica Nacional, Argentina

Marta Monteiro da Costa Cruz

Universidade Federal do Espírito Santo, Brazil

Mattheos Santamouris

University of Athens, Greece

Maureen Trebilcock

Universidad del Bío-bío, Chile

Miguel Aloysio Sattler

Universidade Federal Rio Grande do Sul, Brazil

Monica Santos Salgado

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brazil

Muriel Iten

Universidade do Minho, Portugal

Nelson Porto Ribeiro

Universidade Federal do Espírito Santo, Brazil

Neyval Costa Reis Junior

Universidade Federal do Espírito Santo, Brazil

Nils Larsson

iiSBE, Canada

Norberto Santiago Odobez

Universidad Tecnológica Nacional, Argentina

Paulo Mendonça

Universidade do Minho, Portugal

Paulo Sergio de Paula Vargas

Universidade Federal do Espírito Santo, Brazil

Raquel Regina Martini Paula Barros

Universidade Metodista de Piracicaba, Brazil

Ricardo Franci Gonçalves

Universidade Federal do Espírito Santo, Brazil

Ricardo Mateus

Universidade do Minho, Portugal

Ricardo Nacari Maioli

Universidade Federal do Espírito Santo, Brazil

Robert Lamberts

Universidade Federal de Santa Catarina, Brazil

Rodrigo Garcia Alvarado

Universidad del Bío-Bío, Chile

Rogério Amoêda

Green Lines Institute, Portugal

Ronal Rovers

Zuyd University, The Netherlands

Sandra Monteiro Silva

Universidade do Minho, Portugal

Sergio Fernando Tavares

Universidade Federal do Paraná, Brazil

Solange Virginia G. Goulart

Universidade Fed. do Rio Grande do Norte, Brazil

Tarja Häkkinen

VTT Technical Research Centre of Finland, Finland

Thalita Gorban Ferreira Giglio

Universidade Estadual de Londrina, Brazil

Tomas Luetzkendorf

University of Karlsruhe, Germany



Contents

VOLUME I

Chapter 1 - Technologies for a sustainable built environment

Neglected Issues in Building Performance <i>Nils K. Larsson</i>	3
Escuelas productoras de energía: cosechando una nueva generación <i>Daniel Sosa Ibarra and Rodrigo García Alvarado</i>	13
Passive design strategies for building envelopes in different orientations <i>Elizabeth Parra Correa and Leidy Johana Ramírez</i>	23
Thermal Performance as a parameter of choice of materials: Brazilian Antarctic Station <i>Bruna Peronvano Sirtuli, Filipe Galina Costalonga, Cristina Engel de Alvarez and Edna Aparecida Nico-Rodrigues</i>	33
The use of calabashes as sound absorption alternative material <i>Marco Aurélio de Oliveira, Luís Bragança, Dinara Paixão, Getúlio Picada and Jorge Luis Pizzutti dos Santos</i>	43
The contribution of green roofs to mitigate urban heat island effect in Rio de Janeiro <i>Sarka Konasova</i>	51
Windows and Facades: Proposal of a Device for Increasing Performance for Natural Ventilation and Daylighting <i>Egon Vettorazzi, Helenice M. Sacht, Marcelo Langner and Darwin J. Camacho</i>	59
Wood Frame Housing System: Case Study and Application Potential for Low-Cost Housing in Foz do Iguaçu <i>Bárbara Brauhardt, Helenice Maria Sacht, Luís Bragança and Cesar Rodrigo Faraone Wing Chong</i>	69
Balcões refletores e a disponibilidade da iluminação natural em salas de aula: O caso do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus Colatina <i>Sirana Palassi Fassina and Andréa Coelho Laranja</i>	79

Green Roofs: Manual structure proposed for Brazilian cities <i>Priscila Nakamura and Andrea Naguissa Yuba</i>	89
Double Glazings: Spectrophotometric Characterization for Facade Modules <i>Helenice M. Sacht, Luís Bragança, Manuela Almeida, Heriberto O. Nascimento and Rosana Caram</i>	99
Industrial waste: Study for adding or partial replacement in Portland cement <i>Larissa Helena Carnielli Howat Rodrigues and Geilma Lima Vieira</i>	109
Characterization and Thermal Performance of a Compressed Earth Construction System for Improving Comfort and Achieving Energy Savings <i>José Roberto García Chávez, Luis Guerrero and Gabriel Morales</i>	119
Innovative skins and domotic systems: the technological design for residential buildings' energetic efficiency <i>Lucia Melchiorre and Antonella Della Cioppa</i>	129
LCA of waste PET particles as a partial replacement for sand in self-compacting concrete <i>Robson Zulcão Mello, Felipe Zanellato Coelho and João Luiz Calmon</i>	139
Analysis of concrete properties by incorporating wash water <i>Jeison Feltes, Marcelo de Melo, Daiana Cristina Metz Arnold and Adriana Teresinha da Silva</i>	149
The Thermal Influence of Envelopment in Naturally Ventilated Environments <i>Marlon Sérgio Manthay Oliveira, Izabela Oliveira Hofman, Edna Aparecida Nico-Rodrigues and Cristina Engel de Alvarez</i>	159
Heliodon's Use for the Development of Bioclimatic Architecture Projects in for the city of Araras, São Paulo - Brazil <i>Juliana M. A. do Nascimento, Helenice M. Sacht and Luís Bragança</i>	169
El uso de diseño paramétrico para la conformación de volúmenes de museos ambientalmente compatibles para el clima subtropical húmedo de Brasil <i>Laline Elisangela Cenci and Rodrigo García Alvarado</i>	179
Sustentabilidade em edificações na Região Metropolitana da Grande Vitória: Caracterização da amostra <i>André Magalhães Effgem, Aline Cuimbra Ribeiro, Nathalia Memelli Brandão, Wallason Fernandes Vieira, Aline Silva Sauer, Fabrícia Delfino Rembiski and Sandra Moscon Coutinho</i>	189
The influence of envelope variables on energy consumption in buildings in Vitória, Brazil <i>Ana Carolina Alves Bernabé, Ana Clara Alves Bernabé and Cristina Engel de Alvarez</i>	199
Viability for the use of foundry sand to reduce use of cement in cement concrete <i>Pedro Goecks, Cristina Eliza Pozzobon, Eduardo Rizzatti and Diorges Carlos Lopes</i>	207

Envelope assessment of university building on South Brazil reaching the eco-efficiency <i>Bianca Gasparetto Rebelatto, Marcos Antonio Leite Frandoloso and Rodrigo Carlos Fritsch</i>	217
Sustentabilidade em edificações na Região Metropolitana da Grande Vitória: Gestão de materiais de construção, resíduos e certificações ambientais <i>Daniela Paoli Thompson, Juliana Silva, Kevin Espicalski, Marina de SouzaRovetta, Natalia Correa Nunes, Aline Silva Sauer, Fabrícia Delfino Rembiski and Sandra Moscon Coutinho</i>	227
Uma proposta de diretiva ROHS Brasil: Exigências e desafios <i>Claudia Corrêa Torquato de Souza and Celso Romanel</i>	237
Estudo do comportamento mecânico de tijolos de solo-cimento cp-ii e solo-cimento cp-iii com fibra de sisal <i>Carolina Aquino Amador, Marina Monteiro Abreu Flecha Ferreira and Maruska Tatiana Nascimento da Silva Bueno</i>	245
Estudo de caso: Comparativo entre os orçamentos de uma escola urbana ou rural executada utilizando-se materiais convencionais e materiais não convencionais <i>Gabriel Vieira Lopes, Maria Luiza Oliveira Braga and Maruska Tatiana Nascimento da Silva Bueno</i>	255
A influência da tipologia da janela na iluminação natural: O caso da Estação Antártica Comandante Ferraz <i>Marina Silva Tomé, Daniela Pawelski Amaro Marins, Cristina Engel de Alvarez and Andréa Coelho Laranja</i>	265
Análise da aplicação de materiais de mudança de fase para armazenamento de energia em edifícios Portugueses <i>José Pinheiro, Catarina Araújo and Luís Bragança</i>	275
A iluminação natural no ambiente interno em função das aberturas <i>Indiara Maria Vieira Barbieri, Andréa Coelho Laranja and Cristina Engel de Alvarez</i>	285
Analysis of the Bernardo Mascarenhas Cultural Complex based on the criteria of sustainable development <i>Maria Teresa Barbosa, Claudia dos Reis Paiva and Daniel de Almeida Moratori</i>	295
Photovoltaic Powered Water System for an Indigenous Community in the Ecuadorian Amazon Rainforest <i>Parker Haerr, David Mulder, Tyler Peinado, Dhakshan Potuhera, Lonny Simonian and Paul Redden</i>	305
Rio de Janeiro's Flash Flood Warning System <i>Marlus Nilton de Oliveira, Cinthia Avellar Martins and Ricardo Marcelo da Silva</i>	313

Avaliação das propriedades de blocos de concreto intertravados, com estudo comparativo de misturas adicionadas de borracha de pneus inservíveis e resíduos de construção e demolição <i>Natália Barros Vianna de Oliveira, Paulo Henrique de Sousa Pereira and Jairo Furtado Nogueira</i>	323
Normative references and instruments for flexible housing design in Brazil <i>Raquel Regina Paula Barros and Vanessa Ingrid Leo</i>	333
Study of double windows efficiency in order to improve sound insulation in buildings <i>Marco Aurélio de Oliveira, Luís Bragança, Dinara Paixão and Jorge Luiz Pizzutti dos Santos</i>	343
Life cycle energy (LCEA) and carbon dioxide emissions (LCCO2A) assessment of roofing systems: conventional system and green roof <i>Julia Santiago de Matos Monteiro Lira and Rosa Maria Sposto</i>	351
Dificuldades na implementação do design builder no mercado brasileiro <i>Álvaro José Bremenkamp, Larissa Letícia Andara Ramos, Luciana Aparecida Netto de Jesus and Pedro Henrique Ribeiro Cortez</i>	361
The influence of the window in energy consumption A study in multi-family residential buildings <i>Filipe Galina Costalonga, Ana Karolina Marques de Oliveira, Edna Aparecida Nico-Rodrigues and Artur Moreira Rodrigues</i>	371
Electronic waste as coating for construction industry <i>Vanessa Koeler Gozzer, Giusilene Costa de Souza Pinho and Guilherme Pires Dalmaschio</i>	381
The housing in recycled container as an alternative to social housing: A comparative cost and productivity <i>Denise Aparecida de Souza and Giusilene Costa de Souza Pinho</i>	391
Contribution to Perturb and Observe Algorithm to Maximum Power Point Tracker for Photovoltaic Systems <i>José Alberto Nicolau de Oliveira and Leonardo Duarte de Albuquerque</i>	401
Analysis of Generation Photovoltaic Potential at NIPE Building <i>Paulo Henrique Breyner Saldanha de Oliveira, Jane Tassinari Fantinelli, Carla Kazue Nakao Cavaliero, Douglas Sermarini and Mauro Donizeti Berni</i>	411
Use of photovoltaic solar energy in built environments in accordance to NR 482/2012 and 687/2015 <i>Wemerson Rocha Ferreira, Wilson Pereira Barbosa Filho, Abílio César Soares de Azevedo, Antônio Henrique dos Santos, Lívia Maria Leite da Silva and Antonella Lombardi Costa</i>	419
The importance of vernacular strategies for a climate responsive building design <i>Jorge Emanuel Pereira Fernandes, Ricardo Mateus, Helena Gervásio, Sandra Monteiro Silva and Luís Bragança</i>	429

Chapter 2 - Nearly zero and positive energy built environments

A Portuguese study on building renovation towards a nearly zero energy building (nZEB) <i>Ana Mestre, Manuela Almeida and Muriel Iten</i>	441
Considerations on the energetic use of landfill biogas in MSW compactor-collector trucks <i>Luis Felipe de Azevedo Araujo, Tácio Mauro Pereira de Campos and Leonardo Augusto Lobato Bello</i>	449
Analysis and strategies on energetic efficiency <i>Lara Amorin Arthur and Alexandre Cypreste Amorim</i>	459
Bioclimatic architecture and energy savings of the urban housing in arid environments <i>Alejandra Kurbán, Mario Cúnsulo, Analía Alvarez, Eduardo Montilla and Andrés Ortega</i>	469
Daylight in the Museum: Luminance distribution study using HRD photographs <i>Maria Beatriz Piderit-Moreno, Camila Cáceres Lepin and Carolina Espinoza Sanhueza</i>	479
Sistema de cogeração de energia: O caso de uma indústria cerâmica <i>Viviani do Nascimento Souza Melotti, Gabriel Rigotti Alves de Deus, Aline Silva Sauer and Fabrícia Delfino Rembiski</i>	489
Inovação e integração de sistemas bioclimáticos em arquitetura para clima temperado: Perspectivas futuras <i>Fabrizio Tucci and Ingrid Fonseca</i>	499

Chapter 3 - The BIM concept applied to sustainable buildings and cities

The project performance simulation for more sustainable built environments and the Integrated Modification Methodology <i>Pedro Henrique Alves Negreiros and Gisele Silva Barbosa</i>	511
Building life cycle energy assessment on pre operation phase using BIM <i>Aline Medeiros Ferreira de Araujo and Sergio Fernando Tavares</i>	519
Interoperabilidade. Comparação entre os sistemas BIM e CAD <i>Argeu Leônidas Maioli Pretti, João Luiz Calmon and Cristina Engel de Alvarez</i>	529
Abordagem do BIM na produção científica brasileira: uma pesquisa bibliométrica <i>João Luiz Calmon, Marianne Cortes Cavalcante and Alberto Frederico Salume</i>	539
Life Cycle Assessment and Building Sustainability Certification Systems: Could Building Information Modelling tools ease this integration? <i>Cristiane Bueno and Marcio Minto Fabrício</i>	549
The use of BIM for the sustainable design <i>Bárbara Holzmann Mass, Sergio Scheer and Sergio Fernando Tavares</i>	559

Analysis and simulation of energy efficiency on platform BIM: A systematic literature mapping <i>Fernando Márcio de Oliveira and Leonardo Salazar Bittencourt</i>	569
Sustainable retrofit based on BIM <i>Laura do Carmo Baumgratz de Paula Larivoir</i>	579
Chapter 4 - Training and education to promote adoption of sustainable approaches	
Desenvolvimento de ferramenta para aplicação do conceito de projeto para manutenção no processo projetual <i>Isabela Stiegert and Marcos Martins Borges</i>	591
Proposición y potencial sostenible del Vídeo Poster Científico <i>Miguel Angel Tobias Martinez, Maria do Carmo Duarte Freitas, Avanilde Kemczinski, Francisco Daniel Costa and Livia Regina Nogueira Santos</i>	601
Centro Sociocultural da Vila Planalto em Brasília: participação comunitária no projeto visando as dimensões da sustentabilidade, ambiental, social, econômica e cultural <i>Debora de Boni Lima and Liza Maria Souza de Andrade</i>	611
Experiences and Sustainable Practices with the Elderly <i>Maria do Carmo Duarte Freitas, Rafaela Wille de Aguiar, Joana Gusmão Lemos, Murilo Kenji Cardoso, Rodrigo Eduardo Botelho-Francisco and Daniel Silva Paixão</i>	621
Avaliação da iluminação natural da casa popular eficiente da UFSM por simulações computacionais <i>Matheus Cargnelutti de Souza, Giane de Campos Grigoletti and Marcos Alberto Oss Vaghetti</i>	631
Isolamento a sons aéreos - NP EN ISO 16283-1 2014 procedimento geral vs procedimento de baixa frequência <i>Paulo Silva and Luís Bragança</i>	641
Análise Bioclimática em Arquitetura Modernista na Universidade de Brasília <i>Christine Pinto Lucas and Marta Adriana Bustos Romero</i>	651
Gravimetric Analysis as an Environmental Education Tool at the Polytechnic School of the University of Pernambuco <i>Juan Devyson Jose Camilo da Silva, Juliana Ferreira Bezerra Moccock, Bárbara Virginia Pereira Cavalcanti and Emilia Rahnemay Kohlman Rabbani</i>	661
Technologies to support methodological and management processes of video posters and/or video papers on technical-scientific events <i>Maria do Carmo Duarte Freitas, Avanilde Kemczinski, Daniel Cebrián Robles and Francisco Daniel Costa</i>	671
Aplicação de novas metodologias no curso de engenharia civil da UFES <i>Letícia Soares Rabbi Siqueira, João Luiz Calmon and Karla Moreira Conde</i>	681

Ensino da concepção arquitetônica bioclimática com auxílio de maquetes físicas e heliodon <i>Aline Silva Sauer, Sandra Moscon Coutinho, Flávia Moura de Mello and Jorge Luiz C6</i>	691
Cenário da reciclagem e reuso de resíduos da construção e demolição em Natal, RN – Brasil <i>Regina Lúcia Guimarães Nobre, Natalia dos Santos Mabel Oliveira, Taluane Balbino Araújo, Sergio Ricardo Costa Pereira, Vitor Ferreira Rêgo and Debora Nogueira Pinto</i>	701

VOLUME II

Chapter 5 - Sustainability assessment tools

Smart Cities: Selection of Indicators for Vitória <i>Carolina Simões Rocon and Cristina Engel de Alvarez</i>	713
Decision making process assisted by Life Cycle Assessment: Greenhouse gas emission <i>Ludimilla de Oliveira Zeule, Laís David Vinhal, Sheyla Mara Baptista Serra and Douglas Barreto</i>	723
Water sustainability assessment for the region of Curitiba <i>Caroline Oliveira de Castro, Óliver Cristian Santos Loureiro, Andreia Vieira Santos, Juvancir Silva and William Bonino Rauen</i>	733
Estrategias de diseño pasivo con luz día en cuartos de hospitalización doble <i>Lina J. Zapata-González and Maria Beatriz Piderit-Moreno</i>	743
Indicadores de Sustentabilidade em Balneários Suburbanos no Estado do Espírito Santo <i>Márcia Bissoli-Dalvi, Carolina Castilho Vizeu, Caroline Proscholdt Zamboni, Renata de Castro Vieira and Cristina Engel de Alvarez</i>	753
New tools for sustainable urban land regularization in permanent preservation areas: The 11.977/09 Brazilian Law Implementation <i>Bruna Pimentel Cilento, Julia Lopes da Silva, Laura Machado de Melo Bueno and Patricia Rodrigues Samora</i>	761
Assessing sustainable urban densification using geographic information systems <i>Natasha Cabrera-Jara, Daniel Orellana and M. Augusta Hermida</i>	771
Development of a retrofitting tool for classrooms <i>Manuel Alejandro Inostroza Pinares, Jeremy Michael Piggot Navarrete and María Beatriz Piderit-Moreno</i>	779
O SBTTool como base conceitual para retrofit de edifícios multifamiliares <i>Rhaina Fornaciari, Márcia Bissoli-Dalvi and Cristina Engel de Alvarez</i>	789

Construction of indicators systems tool for making decision to related stormwater management problems <i>Sidnei Pereira da Silva and Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira</i>	799
Proposta de Aprimoramento da ferramenta ISMAS - Estudo de Caso: Madeira Plástica <i>Márcia Bissoli-Dalvi, Caroline Proschholdt Zamboni, Carolina Castilho Vizeu, Mirna Elias Gobbi and Cristina Engel de Alvarez</i>	809
Análise da implantação do selo casa azul em edifício residencial multifamiliar <i>Ghérsika Barcelos Carrara, Miria Souza Pimentel, Thiara Lourett Neves, Aline Silva Sauer and Fabrícia Delfino Rembiski</i>	819
A conceptual model for sustainable development assessments <i>Juvancir da Silva and William Bonino Rauen</i>	829
The ASUS tool as a conceptual basis for proposing the inclusion of the sustainability concept in the formation of the Architect and Urbanist <i>Pâmela Pegoretti, Kamila Zamborlini Waldetario and Cristina Engel de Alvarez</i>	837
Integration of Experimental and Simulation Computer Fluid Dynamics to Improve Natural Ventilation in Buildings for Hygrothermal Comfort and Energy Savings <i>José Roberto García Chávez</i>	847
New geo-tools for urban studies <i>Daniel Orellana, Mateo Neira, María Laura Guerrero, Priscila Samaniego and M. Augusta Hermida</i>	857
The use of SBTool on public procurement: Challenges and opportunities <i>Marcia Castilho Correia, Monica Santos Salgado and Luís Bragança</i>	867
Influência das fontes de dados nas emissões de CO ₂ e no indicador de mudanças climáticas da indústria cimenteira brasileira <i>Pedro Cesar M. A. Abrão, Daniel Costa Reis and Vanderley M. John</i>	877
Impacto ambiental dos edifícios - Cenários França e Brasil <i>Laura do Carmo Baumgratz de Paula Larivoir and Pedro Kopschitz Xavier Bastos</i>	887
The trivialization of the sustainability in the civil construction <i>Bruna de Biase Pinheiro and Jessica Marins Piazzarollo</i>	897
Indicadores de desempenho ambiental de edificações: revisão da literatura <i>Eduardo Werneck Senger and Sérgio Fernando Tavares</i>	907
Tools for assessing sustainability in urban settlements: Case study of the Metropolitan Center neighborhood, Rio de Janeiro, applying the LEED ND environmental certification <i>Bianca Marinho Quintella Borges Soares</i>	917
Índices de CO ₂ para materiais de construção em edificações brasileiras <i>Sergio Fernando Tavares and Luís Bragança</i>	927

Instruments for Environmental Management: A Focus on Sustainable Innovation <i>Wilson Pereira Barbosa Filho, Abílio César Soares de Azevedo, Wemerson Rocha Ferreira, Antônio Henrique dos Santos and Livia Maria Leite da Silva</i>	937
An assessment of the CASBEE sustainability certificate in the context of Brazilian urban projects <i>Rafael Carvalho de Souza, Luciene Eveline Semedo Vaz and Ana Lúcia Torres Seroa da Motta</i>	947
Sustainable building: assessment tool in Brazil <i>Bruna Farhat Matos, Maria Teresa Barbosa, Maria Manuela Almeida, Camila Condorelli, Julia Furtado and Leander Braga</i>	955
Water loss indicators used in public water supply services in Brazil: Literature research and review <i>Edumar Ramos Cabral Coelho and Saulo Biasutti</i>	963
Eficiência de proteções solares horizontais externas para a latitude da cidade de São Paulo <i>Matheus Tonelli Santos, Maria Akutsu and Adriana Camargo de Brito</i>	973
Critical overview of urban sustainability assessment tools <i>Erika Guimarães, José Amarilio Barbosa and Luís Bragança</i>	983
The latest ISO 14001:2015 and its contribution to Sustainable Construction <i>Maria Livia Costa, Asher Kiperstok and Sandro Fábio Cesar</i>	993
Análise comparativa entre ferramentas de certificação ambiental relacionadas ao uso e gestão da água <i>Celso S. Bastos and Thais A. Rebello</i>	1003
Analysis methodologies fitness assessment of residential project sustainability for context Maceió - AL <i>Marcelle Maria Pais Silva Rebêlo and Gianna Melo Barbirato</i>	1013
Processo de Etiquetagem de Edificações (PBE Edifica): Uma revisão <i>Regiane Faria Giacomini and João Luiz Calmon</i>	1023
Brazilian building evaluation through reverse analysis based on environmental rating systems: a case study <i>Mônica Santos Salgado, Carolina Mendonça da Silva and Marco Aurélio Bittencourt Cunha</i>	1033
Chapter 6 - Adaptation of cities and buildings to climate changes	
Edificações verticalizadas e efeitos associados às condições térmicas em Belém, Pará <i>Andrezza de Melo Barbosa, Lucieta Guerreiro Martorano and Virginia Mansanares Giacon</i>	1045

Integrated system for energy optimization and reduction of building CO ₂ footprint <i>Ernesto Echeverría Valiente, Flavio Celis D'Amico, Fernando da Casa Martín, Manuel de Miguel Sánchez, Patricia Domínguez Gómez, Ignacio Delgado Conde, Alvaro Mozas Santander, Kevin Moreno Gata and Juan Manuel Vega Ballesteros</i>	1053
A influência da inércia térmica nas paredes externas em clima quente: uma revisão sistemática <i>Auriele Mazer Marques Silva, Ivan Julio Apolonio Callejas and Luciane Cleonice Durante</i>	1063
Analysis of the acoustic, thermal and luminous performance at the Instituto Federal de Minas Gerais (Federal Institute of Minas Gerais) – Santa Luzia <i>Luana Nolasco Rizzi Leles Ribeiro, Fernanda Fonseca de Melo Coelho and Wemerton Evangelista</i>	1073
Ventilação natural em escritório no Rio de Janeiro-RJ: Análise e propostas para o edifício Barão de Ladário <i>Marco Antonio Lacerda and Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos</i>	1083
Mudanças climáticas e patrimônio arquitetônico: Sítio histórico de Santa Leopoldina [ES] <i>Luciana da Silva Florenzano and Renata Hermann de Almeida</i>	1093
Climate Change Adaptation Plans in Latin American Cities <i>Bárbara César Barros and Ângela Maria Gabriella Rossi</i>	1103
Casa sustentável: Projeto residencial popular ecoeficiente <i>Fernanda Lorena Rabelo Oliveira, Daiany Larissy da Silva Padilha, Yngrid Araújo, Loïc Cochand, Othon Fernandes Fagundes and Debora Nogueira Pinto</i>	1113
Sustentabilidade no planejamento urbano: ilhas de calor <i>Ricardo Henrique Reginato Quevedo Melo, Evanisa Fatima Reginato Quevedo Melo, Rodrigo Henrique Reginato Quevedo Melo, Francisco Gerhardt Magro, Thiago Miranda dos Santos and Eduardo Madeira Brum</i>	1123
A seca e a desertificação e as mudanças climáticas em Cabo Verde <i>Luciene Eveline Semedo Vaz, Rafael Souza and Ana Motta Seroa</i>	1133
Chapter 7 - Mitigation of impacts in urban areas	
Traffic Quality Index to intersections considering fuel efficiency <i>Fabianne Miranda Aguiar, Marta Monteiro da Costa Cruz, Gregório Coelho de Moraes Neto and Adelmo Inacio Bertolde</i>	1143
Noise impact of urban mobility changes: Charitas tunnel case study <i>Sergio Portela Prange and Julio Cesar Boscher Torres</i>	1153

De basural a parque urbano; propuesta de regeneración urbana para la mitigación de impactos generados en la gestión de residuos en la ciudad de Coronel, Chile <i>Carolina Catrón Lazo and Ricardo Azócar Ulloa</i>	1163
Project guidelines for construction of biodigesters in poor communities in Brasil <i>Lizelda Maria de Mendonça Souto, Viviany Nogueira, Emilia Rahnemay Kohlman Rabbani, Ana Rita Drummond and Sergio Peres</i>	1173
“Green Ports” and the Port of Santos <i>Bianca Lima Pereira, Eneias Santos da Silva, Tuani de Godoy Ferreira and Adilson Luiz Gonçalves</i>	1183
Occupancy patterns and building performance. Developing occupancy patterns for Portuguese residential buildings <i>José Amarílio Barbosa, Ricardo Mateus and Luís Bragança</i>	1193
Green Roofs Storage of Rainwater Alternative Systems <i>Paula Gonçalves Sobreira, Adilson Souza Junior, Guilherme Schafer Maron, Plínio Corral de Freitas and Maria Tereza Pouey</i>	1201
The development and performance of plant species in Brazilian extensive green roofs <i>Adriane Cordoni Savi, Maria Isabel Seibel Reis and Sergio Fernando Tavares</i>	1211
As grandes cidades e os cemitérios urbanos: Análise comparativa do abandono dos edifícios altos nas cidades de Detroit, São Paulo e Johannesburgo <i>Amanda Coffi Andrade, Miguel Aloysio Sattler and Pablo Andrés Rangel Pacheco</i>	1221
O impacto do tráfego viário em sítios históricos urbanos: Avaliação em Santa Leopoldina - ES <i>Angélica Maria Fonseca Dornelas and Renata Hermannny de Almeida</i>	1231
Benefícios da captação de água pluvial para a gestão urbana de recursos hídricos <i>Livia Tavares Cosentino and Marcos Martins Borges</i>	1241
Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos em Vitória da Conquista – Bahia –Brasil <i>Mary Anne Assis Lopes de Oliveira</i>	1249
Chapter 8 - Contributions and consequences of urban landscaping	
Qualitative Analysis of Urban Tree Arborization in the Streets of São Carlos (São Paulo/Brazil) <i>Gustavo D’Almeida Scarpinella, Simone Cristina de Oliveira and Ricardo Siloto da Silva</i>	1259
A vegetação urbana como condicionante de mitigação de ilhas de calor <i>Brenda Alves Silva, Tatiana Camello Xavier and Cristina Engel de Alvarez</i>	1269

Arborização e sustentabilidade urbana: Revitalização da Praça Marechal Floriano, em Passo Fundo/RS <i>Tayana Brum Pires, Evanisa Fatima Reginato Quevedo Melo, Francisco Gerhardt Magro, Ricardo Henryque Reginato Quevedo Melo, Rodrigo Henryque Reginato Quevedo Melo and Janaine Gobb</i>	1279
Avaliação e Caracterização dos Espaços Livres no Campus de Goiabeiras/UFES (Brasil) <i>Gabriela da Conceição Bolssoni, Juliana Amaral Dias Vieira, Laryssa Teixeira de Aquino Hülle, Ricardo Nacari Maioli and Paulo Sergio de Paula Vargas</i>	1287
Estudo das áreas verdes e espaços de uso público em Vila Velha – ES <i>Suzany Rangel Ramos, Larissa Leticia Andara Ramos and Luciana Aparecida Netto de Jesus</i>	1297
The Sound of the Landscape - Prainha, Vila Velha, ES <i>Deborah Martins Zaganelli and Clara Luiza Miranda</i>	1307
Avaliação da contribuição da vegetação para a amenização de ruídos urbanos em praças <i>Vivian Albani, Leandro Camatta de Assis, Bruno Giorgio D'Alessandri Martins, Nayara Salera Malta and Bruna Bredofw Perim</i>	1315
Desenhando com a água no meio urbano - Padrões espaciais de infraestrutura ecológica e crescimento urbano inteligente <i>Liza Maria Souza de Andrade, Bruna Bacelar Pontes Melo and Angela Pereira Viana</i>	1325
Paisagismo e arquitetura através de Burle Marx <i>Aline Sampaio de Mello Guimarães</i>	1335
Avaliação Pós-Ocupação (APO) e conforto térmico em espaços públicos abertos na periferia da cidade de Salvador-BA <i>Neila Lima Branco, Rita Dione Araujo Cunha and Telma Cortsê Quadros de Andrade</i>	1345
Urban water environment intervention: Analyses of the urban-environmental interaction <i>Francisco José Cardoso and Laura Bueno de Melo Machado</i>	1355
Environmental justice and landscape: Urban rivers in question <i>Ivaldo Lima</i>	1365
Conforto ambiental: Praça Tamandaré na cidade de Passo Fundo – RS <i>Evanisa Fatima Reginato Quevedo Melo, Janaine Gobb, Tayana Brum Pires, Shauane Manfro, Ricardo Henryque Reginato Quevedo Melo and Rodrigo Henryque Reginato Quevedo Melo</i>	1373

VOLUME III

Chapter 9 - Urban planning for sustainable communities

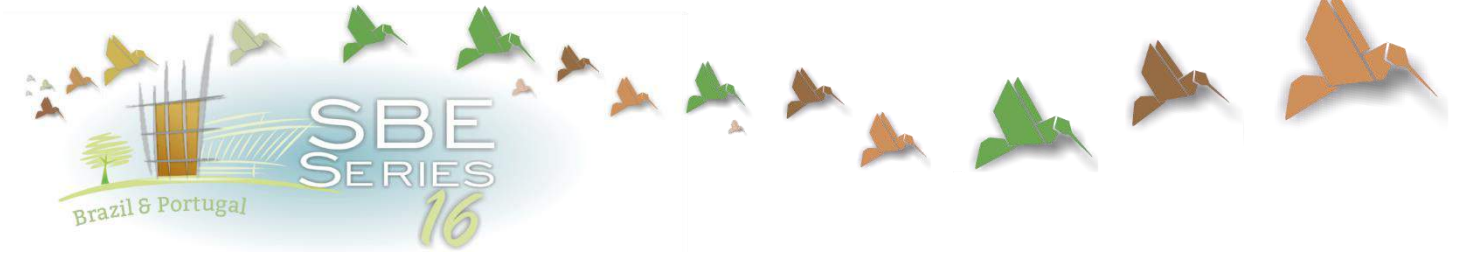
Historic relationship between urban dwellers and the Tomebamba River <i>Pablo Osorio, Mateo Neira and M. Augusta Hermida</i>	1385
Diagnosis of occupation at Itapemirim river marginal areas <i>Tainah Virgínia Cypriano Penna and Eneida Maria Souza Mendonça</i>	1395
Life Cycle Assessment of Electric Vehicle Considering Locally Generated and Stored Energy <i>Luiza Diniz de Oliveira Câmara, Tina Dettmer, Patricia Edge and Celso Romanel</i>	1405
Residências sem afastamentos laterais e luz natural: Um estudo de caso <i>Ana Paula Machado de Castro and Érica Coelho Pagel</i>	1415
Urban metabolism and food flows: The municipality of Feliz, State of Rio Grande do Sul, Brazil <i>Eugenia Aumond Kuhn, Miguel Aloysio Sattler and Lucas Dorneles Magnus</i>	1425
Avaliação do PMCMV pela metodologia “Sustentabilidade e Qualidade da Forma Urbana” <i>Maria Raquel Barbosa Duarte and Liza Maria Souza de Andrade</i>	1435
Sustentabilidade em foco: benefícios da implantação de uma obra de arte como alternativa de acesso <i>Ricardo Henryque Reginato Quevedo Melo, Evanisa Fatima Reginato Quevedo Melo, Rodrigo Henryque Reginato Quevedo Melo and José Humberto Quevedo Melo</i>	1445
Fischer River catchment urban flooding - mitigation and participatory management <i>Teresa Lindoso and Luciene Pimentel da Silva</i>	1453
New urban and neighborhoods: From theory of practice in Brazilian reality <i>Vanderlei Fabiano G. do Monte, Cristiano Capellani Quaresma and Rafael Barreto Castelo Cruz</i>	1463
A Inserção da Qualidade Ambiental Urbana no Conjunto Habitacional de Interesse Social Zorilda <i>Deize Sbarai Sanches Ximenes and Catharina Christina Teixeira</i>	1473
Design recommendations for residential neighborhoods of socio-environmental value <i>Karla Moreira Conde and Silvia Mikami Pina</i>	1483
The search for self-sustainability: the case of Campina community <i>Edilson Raimundo Silva and Simone Rosa da Silva</i>	1493

Elaboração de um mapa acústico na área central do Município de Frederico Westphalen, RS, Brasil <i>Alessandro Alves, Joani Paulus Covaleski, Angelica Vestena Baggio</i> <i>to and Gabriela Sturzbecher</i>	1501
Analysis of sustainability in the Brazilian housing production: The case of AP4 - Rio de Janeiro <i>Andrea Borges de Souza Cruz, Mauro César de Oliveira Santos, Adriana Fiorotti Campos and Daniella Amorim Gomes</i>	1511
Planejamento sustentável aplicado ao eixo do rio Tietê <i>Felipe Madio Oliveira and Deize Sbarai Sanches Ximenes</i>	1521
Outdoor ventilation and urban planning: comparative study between climatic measurements and CFD simulation <i>Fabiana Trindade Da Silva, Elisa Velentim Goulart, Cristina Engel de Alvarez and Neyval Costa Reis Jr.</i>	1531
Sustentabilidade e Projetos urbanos: a interação da forma urbana com a dinâmica social em países em desenvolvimento <i>Rafael Barreto Castelo da Cruz, Karin Regina de Casas Castro Marins, Fabiano Monte and Cristiano Capellani Quaresma</i>	1541
Comparative Analysis of urban efficiency in medium-sized cities through Hidricidade indicators <i>Giovana Ulian and Miguel Pino Quilodrán</i>	1551
Mapeamento temático e suas aplicações no planejamento urbano sustentável <i>Ricardo Henryque Reginato Quevedo Melo, Evanisa Fatima Reginato Quevedo Melo, Rodrigo Henryque Reginato Quevedo Melo and Francisco Gerhardt Magro</i>	1561
Household Waste Management: a preliminary assessment of urban planning solutions <i>Ricardo Tierno and Karin Regina de Casas Castro Marins</i>	1569
Patchwork of industrial neighborhoods around São Paulo core area: Case study <i>Adilson Costa Macedo, Gastão Sales and Maria Isabel Imbronito</i>	1579
Ecology and environment, an urban scale comparative study between contemporary and vernacular city of Nablus <i>Fajer Ali Al Tawayha, Luís Bragança and Ricardo Mateus</i>	1589
Hacia Ciudades Inteligentes en Latinoamérica <i>Andrea Karina Scremin Aquilino and Ângela Maria Gabriella Rossi</i>	1599
The Sound of the Landscape: through downtown plazas of the city of Vitória, ES <i>Deborah Martins Zaganelli and Clara Luiza Miranda</i>	1609
Urban Housing as Possibilities of Sustainable Communities <i>Rosa Maria Locatelli Kalil and Adriana Gelpi</i>	1619

Urban housing design by the Educandos Igarape, in Manaus, AM <i>Raquel Regina Martini Paula Barros and Marina Zappia de Santana</i>	1629
Comparative assessment of sustainability strategies applied to urban neighbourhoods in Brazil, Germany and Sweden <i>Karin Regina de Casas Castro Marins</i>	1639
Impact of greywater reuse on domestic wastewater flow rate in a multi-storey building in Brazil <i>Karolyna Costa Aguiar and Ricardo Franci Gonçalves</i>	1649
Chapter 10 - Sustainable urban mobility and accessibility	
Comparative analysis of factors affecting the cyclists' route choice <i>Isabel Cristina Nunes de Sousa and Suely da Penha Sanches</i>	1661
The construction of Walkability Index in Cambé City - Paraná - Brazil <i>Monica Cristina Nishikawa Motomura, Larissa Casaril da Fontoura and Milena Kanashiro</i>	1669
The role of the government in the implementation of accessibility on sidewalks <i>Amabeli Dell Santo, Marília Oliveira Soares and Mateus Bernardo Scussulim Saloto</i>	1677
Transportation Systems and Land Use Planning: The Case of the Metropolitan Region of Rio de Janeiro <i>Bernardo Serra and Ângela Maria Gabriella Rossi</i>	1687
Verificação do Desempenho Acústico de Pavimentos em CPA na rodovia BR158 <i>Alessandro Alves, Gabriela Sturzbecher, Joani Paulus Covaleski and Bibiana Zandoná</i>	1697
Desenvolvimento orientado do trânsito no novo contexto da participação do cidadão <i>Pedro Henrique Alves Negreiros and Gisele Silva Barbosa</i>	1707
Proposal of a Social Index for Sidewalk Quality in Large Brazilian Cities <i>Livia Brigagão, Jean Marcel Faria Novo and Celso Romanel</i>	1715
Índice de qualidade de calçadas: em cidade média <i>Vanessa Tibola Rocha, Luciana Londero Brandli, Rosa Maria Kalil Locatelli, Pedro Pietto and Cristiane Tiepo</i>	1725
A Sustainable Mobility Index to Assess the Public Transport Quality in the City of Rio de Janeiro <i>Alexandre de Oliveira Brandão, Jean Marcel de Faria Novo and Celso Romanel</i>	1733
Infrastructure for accessibility at university campus <i>Adriana Gelpi, Rosa Maria Locatelli Kalil, Wagner Mazzeto de Oliveira and Nelita Pretto</i>	1743

What is the most efficient type of transport for your city – Study case of Rio de Janeiro city <i>Frederico Delphino Fenerich</i>	1753
O Sistema Aeromovel como Proposta de Extensão da Linha 4 do Metrô do Rio de Janeiro (Barra da Tijuca) <i>Ricardo Atta Abrahão, Fernando Luiz Cumplido Mac Dowell da Costa and Celso Romanel</i>	1759
A percepção do Conforto e da Segurança das ciclovias e ciclofaixas em Vitória-ES (Brasil) a partir de seus usuários <i>Malena Ramos Silva, Jordano Francesco Gagno de Brito, Júlia Leal Rabello and Cristina Engel de Alvarez</i>	1767
Mobilidade urbana sustentável e acessibilidade: Estratégias de infraestrutura verde para reabilitação do centro de Vitória-ES <i>Daniella do Amaral Mello Bonatto and Larissa Rangel</i>	1777
Chapter 11 - Governance and strategies for a sustainable built environment	
LEED Certification and the new Standard of Sustainable Construction in Colombia <i>Andrés Peláez Ospina, Alexander González Castano and Laura Marín Restrepo</i>	1789
Socioeconomic study of domestic water consumption in the Federal District, Brazil <i>Daniel Sant'Ana</i>	1799
Assessment criteria for the level of integration of urban water and land use management <i>Ana Paula Justi and William Bonino Rauen</i>	1809
Relevance of embodied energy on building retrofit assessment <i>Manuela Almeida, Ricardo Mateus, Marco Ferreira and Ana Rodrigues</i>	1819
The influence of glazed balconies in the thermal comfort in an urban tropical region <i>Érica Coelho Pagel, Cristina Engel de Alvarez and Neyval Costa Reis Júnior</i>	1829
Sustentabilidade em edificações na Região Metropolitana da Grande Vitória - Gestão de água e de energia <i>Luana Bermond Marques, Ingrid Pizetta Dias, Livia Romano Brocco, Carolina S. Silva, Aline Silva Sauer, Fabrícia Delfino Rembiski and Sandra Moscon Coutinho</i>	1839
Selective Demolition of Buildings as Sustainable Strategy <i>Andreia Moreira Martins, Daniel da Costa Reis and Márcio Minto Fabrício</i>	1849
Application of the "ladder of citizen participation" to the analysis of the São Paulo Master Plan revision process <i>Rafael Barreto Castelo da Cruz, Flavia Mendes de Almeida Collaço and Karin Regina de Casas Marins</i>	1859

Analysis of the Portuguese building retrofitting market <i>Catarina Araújo, Manuela Almeida and Luís Bragança</i>	1869
Standardization of water loss indicators in water supply services: The experience of regulatory agencies in Brazil <i>Edumar Ramos Cabral Coelho and Saulo Biasutti</i>	1879
Integrated Management of Urban Solid Waste in Municipality of Paty do Alferes <i>Isabela da Rocha Santos Vieira Muniz</i>	1887
Intervenções urbanas em áreas portuárias desativadas, com bases sustentáveis: Projeto Parque Das Nações, Lisboa <i>Mariana Altoé Maciel and Emanuella Sossai Altoé</i>	1897
Análise da aplicação das Políticas Públicas Urbanas Brasileiras como instrumentos para o planejamento sustentável das cidades <i>Giovana Ulian, Miguel Pino Quilodrán, Fabio Scopel Vanin and Mirian Lacerda Brito</i>	1907
Impactos energéticos e econômicos de medidas de eficiência energética em projetos de HIS <i>María Andrea Triana Montes, Roberto Lamberts and Paola Sassi</i>	1917
Urban sustainability and mobility in São Paulo city's 2002 and 2014 master plans. A comparative analysis <i>Beatriz Martins Arruda, Erika Soares Carvalho Vilela, Patricia Rodrigues Samora and Luiz Augusto Maia Costa</i>	1927
Sensitive approach to slum upgrading process: The case of Vale dos Guedes <i>Laura Santos Granja and Letícia Maria de Araújo Zambrano</i>	1937
A evolução do marketing da sustentabilidade no mercado imobiliário do Espírito Santo <i>Márcia Bissoli-Dalvi, Mariany Abreu de Oliveira, Suelem Bertollo Marques and Cristina Engel de Alvarez</i>	1947
Análise de qualidade ambiental do novo modelo integral de escola no Espírito Santo: Programa "Escola Viva" <i>Pedro Henrique Ribeiro Cortez, Luciana Aparecida Netto de Jesus, Larissa Leticia Andara Ramos and Álvaro José Bremenkamp</i>	1957
Escolas e Sustentabilidade: Projetando estratégias para uma arquitetura mais sustentável <i>Alessandra Bonotto Hoffmann Paim, Amanda Coffi Andrade, Desireé Kuhn, Miguel Aloysio Sattler and Thaís Stumpf Trezn</i>	1967
Hospital ambience: Qualification of spaces and perception and environmental awareness <i>Cristiane N. Silva and Leonardo A. Ferreira</i>	1977
Building environment construction studies in Brazil <i>Luci Ines Bassetto, Maclovia Correa da Silva and Eloy Fassi Casagrande Junior</i>	1987
Life cycle energy assessment of a light steel framing house in Brasilia city <i>Lucas Rosse Caldas, Júlia Santiago de Matos Monteiro Lira and Rosa Maria Sposto</i>	1997



Chapter 5

Sustainability assessment tools

SBE16 Brazil & Portugal
Sustainable Urban Communities towards a Nearly Zero Impact Built Environment
ISBN: 978-85-92631-00-0



Smart Cities: Selection of Indicators for Vitória

Carolina Simões Rocon

Federal University of Espírito Santo, Vitória (ES), Brazil

carolinarocon@gmail.com

Cristina Engel de Alvarez

Federal University of Espírito Santo, Planning and Project Laboratory, Vitória (ES), Brazil

cristina.engel@ufes.br

ABSTRACT: Since 2007, urban cities have become the main living environment of humanity, as opposed to rural areas. Thus, with the increase of urban areas, it is appropriate to develop techniques for the orderly and integrated growth of the cities. The concept of Smart City arises in this context. Considering the particular challenges of each city to become a Smart City, it is necessary to select specific indicators to meet these different requirements. This article aims to select the most adequate indicators to measure Vitória's performance as a Smart City. The research began with a literature review in order to understand the state of the art theme and identify the existing assessment tools. After this stage, the European Smart Cities assessment tool was selected and studied to serve as a reference for the selection process of indicators. Afterwards, the indicators were selected based on suitability, clarity and availability criteria, and weights were assigned by their relevance, based on their compliance with the strategic goals of the city. This study suggests the indicators to measure Vitória's performance and reveals the need to improve the tool with the addition of indicators that are more suitable to local needs.

Keywords *Smart City; Sustainable Urban Development; Assessment Tools; Indicators; Vitória.*

1. INTRODUCTION

In 2007, the world's urban population surpassed the rural population for the first time in history. Currently, 54% of the world population live in urban areas, and the forecast is that by 2050 this figure will reach 66% - approximately 6.2 billion people. In Brazil, the urbanization rate is even higher. Currently, 85% of the Brazilian population lives in cities, and it is estimated that by 2050 this figure will reach 91% (United Nations 2015).

Increasing urbanization inflicts obstacles to cities, as it contributes for the emergence of infrastructure, mobility, and environmental problems, and consequently affect the quality of life of the population. In this context, the Smart City concept arises, as an urban planning model aimed at the development of cities through a combination of human and technology capital (Angelidou 2014).

Although there is no consensus about its definition, it is widely held that Smart Cities are characterized by the use of digital technologies - Information and Communication Technologies (ICT) -, in order to help cities to make better use of its resources (Neirotti et al. 2014). However, despite the importance of technology, there is a need for investment in human capital for the development of an efficient strategy for Smart Cities. (Angelidou 2015; Monfaredzadeh & Krueger 2015).

The adopted Smart City concept is based on Caragliu et al. (2011), who state that a city is considered to be smart "when investments in human and social capital and traditional (transport) and modern (ICT) communication infrastructure fuel sustainable economic growth and a high quality of life, with a wise management of natural resources, through participatory governance".

According to Neirotti et al. (2014) there is some difficulty in establishing worldwide definitions and trends for Smart Cities, since the initiatives are implemented under different contexts and realities. The Smart indicators of the cities should consider specific variables that capture particular characteristics, such as local culture, political leadership, population density, economic development and climate conditions.

Therefore, it is noteworthy that each city faces specific challenges, therefore its Smart indicators must be particularized. In this context, the focus of this research is on the city of Vitória, Espírito Santo, Brazil. The choice of this subject matter is because this municipality has a 100% urbanised territory (Oliveira et al. 2014), and the highest population density of the state, with more than 3,000 inhabitants/km² (Miranda et al. 2014).

1.1 Objective and Methodology

This study aimed to select and assign weights to assessment indicators for Vitória, according to the Smart City concept. This set of indicators should measure the city's progress and be periodically updated. Thus, it is assumed that it is possible to evaluate Vitória's evolution in relation to the selected indicators, by providing data to the government assisting the development of specific policies and guiding investments. It is therefore expected that the local population be positively affected, since the Smart City attributes are aimed at sustainable development and the improvement of the population quality of life.

In order to achieve this goal, the research was developed in three main stages. The initial stage consisted of a literature review, to understand the Smart City concept, identify existing assessment tools and establish the state of the art theme. Research was conducted in academic journals, reports published by universities and governmental entities, and in websites that offer Smart City and sustainable urbanism assessment tools. In the second stage of the research, an assessment tool was selected, based on specific criteria, which served as reference for the choice of indicators for Vitória. The selected tool was thoroughly studied, seeking a clear understanding of its conceptual guidelines, specific goals and methodologies associated with the indicators. In the third stage, the reference tool indicators were selected, based on suitability, clarity and availability criteria. Then, weights were assigned to the selected indicators, judging their relevance based on their compliance with the strategic goals of the city. Finally, considerations were made regarding the current stage of the research and its continuity.

2. REFERENCE TOOL

There is currently no unanimity on a methodology or indicators to assess a city in relation to the Smart City concept. There are few specific tools for this type of assessment, and they are usually linked to the companies and events of this field. However, the tools for evaluating sustainability, because they aim for sustainable urban development, are compatible with the Smart City concepts, and can be used for this purpose with few adaptations.

In order to select the reference tool for choosing Vitória's indicators, the main urban area assessment systems were identified, specific for Smart Cities or related to the sustainability concept. The analysed evaluation and certification systems were: AQUA Bairros e loteamentos (neighbourhoods and housing developments) (Fundação Carlos Alberto Vanzolini 2011), Connected Smart Cities (Urban Systems 2015), BREEAM Communities (BRE 2016), CASBEE for Cities (JSBC 2012), European Smart Cities (Giffinger et al. 2007), HQE Urban Planning and Development (HQE 2015), Green Star Communities (GBCA 2015) and LEED Neighborhood Development (USGBC 2011).

The score was given by evaluating the relevance of the criteria for the research and suitability of the tool to the criterion. For each tool, the values assigned to the evaluated items were added up, and the one with the highest score was selected as reference for the research, according to Table 1.

The tool European Smart Cities, used as a basis for the development of this research, was created in order to assess European medium-sized cities, with populations between 100,000 and 500,000 people, comparing them and identifying their strengths and weaknesses. To develop the assessment system, six key features of Smart Cities were identified: economy, people, governance, mobility, environment and living (Giffinger et al. 2007).

This research was based on the first developed version of the tool European Smart Cities, released in 2007. Six key features are presented, divided into 31 factors, for a total of 74 indicators. According to Giffinger et al. (2007), the data were obtained from free public access databases.

Table 1. Selection of reference tool

Assessment Tool	Selection Criteria						Total sum
	Developed for assessment of Smart Cities	Free access to the indicators	Free access to assessment methodology	Developed in Brazil	World-wide recognition	Academic relevance	
European Smart Cities	6	6	3	1	1	1	18
Connected Smart Cities	6	6	1	3	0.5	0.5	17
CASBEE for Cities	4	6	3	1	1	1	16
AQUA Bairros	2	6	3	3	1	1	16
Green Star Communities	2	6	3	1	1	1	14
LEED ND	2	6	1	1	1.5	1.5	13
BREEAM Communities	2	6	1	1	1.5	1.5	13
HQE UPD	2	6	1	1	1	1	12

Keys:

6	Very relevant criterion and very adequate tool	3	Relevant criterion and very adequate tool	1.5	Irrelevant criterion and very adequate tool
4	Very relevant criterion and adequate tool	2	Relevant criterion and adequate tool	1	Irrelevant criterion and adequate tool
2	Very relevant criterion and inadequate tool	1	Relevant criterion and inadequate tool	0.5	Irrelevant criterion and inadequate tool

According to Giffinger et al. (2007), the indicators have their values standardised by z-transform, according to Equation 1, with 0 mean and positive or negative deviation equal to 1. The score of each domain is given by the simple average of the corresponding indicators. The same goes for the key features, obtained by the simple average of the domains. Thus, the indicators have equal weights.

$$Z_i = \left(\frac{x_i - \bar{x}}{S} \right) \quad (1)$$

were x_i = indicator data for the assessed city; \bar{x} = indicator average considering all assessed cities; and S = standard deviation.

3. INDICATORS FOR VITÓRIA'S SMART ASSESSMENT

3.1 Selection of indicators

The tool European Smart Cities was used as a source for the acquisition of indicators for Vitória's Smart assessment. Each item proposed by the structure was analysed according to the following criteria:

- Suitability – considers whether the indicator is adequate to assess Vitória;
- Clarity – evaluates whether the purpose of the indicator or data related to its acquisition is understandable;
- Availability – amongst the defined research sources – IBGE and City of Vitória websites – it identifies if there are similar available data.

The criteria for exclusion of items was the negative response to at least one of the three conditions above. Thus, from the 74 analysed indicators, 35 of them were excluded. Among the excluded indicators, it is noteworthy that about 63% received a negative response only to the data availability criterion, which was the main cause of exclusion of indicators. The exclusion of items does not mean that they do not contribute to the assessment of Smart Cities, but rather that they are not fit for the assessment of the local reality, that they are not clear as to how or what they intend to evaluate, or that the data are not available, hindering the subsequent application of the tool.

3.2 Criteria for assigning weights to the indicators

After the selection of indicators for Vitória, it was deemed necessary to assign weights in order to provide a hierarchical reading of the items, facilitating the analysis in investment decisions. The proposed system classifies each indicator according to its relevance, which is based on the relationship with the strategies presented in the 2008-2028 Agenda of the City of Vitória. Each indicator is evaluated under the perspective of the Agenda themes, and its relevance is judged based on the type of relationship they establish with them, whether direct or partial.

3.2.1. Vitória 2008/2028 Agenda

The choice of the Vitória 2008/2028 Agenda as a base in the process of assigning weights to the indicators is based on the fact that the document proposes strategic goals in line with the local reality. Shen et al. (2010) argue that the challenges are more easily recognised at the city level, as well as the development of strategies for the development of the city.

The Agenda is the third revision of the strategic plan drawn up according to the 1992 Rio Summit, and it was developed by a multidisciplinary technical team and representatives from various social sectors of the city. The population participated in the Agenda development through debates in seminars and surveys, signalling their main demands and expectations to the City. The strategy is based on three main themes that steered the plan's guidelines (Agenda Vitória):

- Economy – involves issues related to the dynamics of labour and production, productive investments, Science and technology, innovation, workforce qualification, specialized activities, labour market, ports and airports;

- Urban-Environmental- prioritizes issues related to the environment and urban infrastructure, such as mobility, sanitation, housing, clean energy and urban planning legislation;
- Sociocultural – addresses areas related to citizenship, human rights, social welfare, culture, education, health, security, employment and income and population dynamics.

3.3 Assigning weights to the indicators

Considering the above-mentioned criteria, weights were assigned to the indicators (Tab. 2). First, we evaluated the relationship of each indicator with the Vitória 2008-2028 Agenda themes, considering its direct or partial affinity (Equ. 2). Then, its weight was calculated in contribution percentage for the scoring of each key feature (Equ. 3).

$$CM_i = ADR_i \times 2 + APR_i \times 1 \quad (2)$$

where ADR_i = sum of the amount of themes directly related to indicator i ; APR_i = sum of the amount of themes partially related to indicator i .

$$IW_i = \frac{CM_i}{\sum_i^n CM_i} \quad (3)$$

where $\sum_i^n CM_i$ = sum of CM of all indicators of the key feature.

Table 2. Assigning weights to the indicators

Factor	Indicator	Adapted Indicator	DR	A DR	PR	A PR	CM	IW	
ECONOMY	R&D expenditure in % of GDP	State government investment in C&T/State budget	E	1	S	1	3	13.64 %	
	Innovative spirit	Proportion of workers in STEM occupations (Science, Technology, Engineering, Mathematics)	E	1	S	1	3	13.64 %	
	Entrepreneurship	Patent applications per inhabitant	Patents registered in ES year/100,000 Inhabitants	E	1	-	0	2	9.09 %
		Self-employment rate	Self-employed workers/Total workers	E	1	-	0	2	9.09 %
	Productivity	New businesses registered	New companies registered	E	1	-	0	2	9.09 %
		GDP per employed person	GDP per capita	E	1	-	0	2	9.09 %
	Flexibility of labour market	Unemployment rate	Unemployment rate	E+S	2	-	0	4	18.18 %

Factor	Indicator	Adapted Indicator	DR	A DR	PR	A PR	CM	IW
International embedded-ness	Air transport of passengers	Embarked and disembarked passengers/Year.	E	1	-	0	2	9.09 %
	Air transport of freight	Participation in national freight handling (t)/Year	E	1	-	0	2	9.09 %
International accessibility	International accessibility	Existing ports and airports	E	1	U+S	2	4	23.53 %
	Computers in households	Households with computers	E+S	2	-	0	4	23.53 %
Availability of ICT-Infrastructure	Broadband internet access in households	Percentage of households with access to broadband internet, compared to total households	E+S	2	-	0	4	23.53 %
	Green mobility share (non-motorized individual traffic)	Motorization rate (Vehicles/100 Inhabitants)	U	1	-	0	2	11.76 %
Sustainable, innovative and safe transport systems	Traffic safety	Total number of traffic accidents (with or without victims)	U	1	S	1	3	17.65 %
	Sunshine hours	Annual solar radiation (hours)	-	0	U	1	1	7.14 %
Attractivity of natural conditions	Green spaceshare	Total square meters of green area per capita (annual measure)	U	1	-	0	2	14.29 %
	Particulate matter	Annual daily average of PM10 concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	U	1	-	0	2	14.29 %
Pollution	Fatal chronic lower respiratory diseases per inhabitant	Number of deaths from respiratory diseases per 10,000 inhabitants	S	1	U	1	3	21.43 %
	Efficient use of water (use per GDP)	Average estimated water consumption in m^3 /inhabitant, per month	U	1	E	1	3	21.43 %
Sustainable resource management	Efficient use of electricity (use per GDP)	Average consumed electricity, in kwh/inhabitant, per month	U	1	E	1	3	21.43 %
	Importance as knowledge centre (top research centres, top universities, etc.)	Ratio of students enrolled in high-quality courses (4 and 5 ENADE scores)	S	1	E	1	3	27.27 %
Level of qualification	Population qualified at	Percentage of population with 13	S	1	E	1	3	27.27 %

Factor	Indicator	Adapted Indicator	DR	A DR	PR	A PR	CM	IW	
Social and ethnic plurality	levels 5-6 ISCED	or more years of schooling							
	Share of foreigners	Foreigners living in the state/10,000 Inhabitants	-	0	S	1	1	9.09 %	
	Share of nationals born abroad	Naturalised foreigners living in the state/10,000 Inhabitants	-	0	S	1	1	9.09 %	
Creativity	Share of people working in creative industries	Ratio of workers in STEM occupations (Science, Technology, Engineering, Mathematics)	E	1	S	1	3	27.27 %	
LIVING	Cultural facilities	Theatre attendance per inhabitant	S	1	-	0	2	8.70 %	
	Health conditions	Life expectancy	Life expectancy at birth	S	1	-	0	2	8.70 %
		Hospitals beds per inhabitant	Inpatient beds in public and private health facilities/1,000 Inhabitants	S	1	-	0	2	8.70 %
		Doctors per inhabitant	Number of doctors/10,000 Inhabitants	S	1	-	0	2	8.70 %
	Individual security	Satisfaction with quality of health system	Positive assessment of emergency care at home or hospitalization for 24 hours or more by the public health system (SUS)	S	1	-	0	2	8.70 %
		Crime rate	Homicides per 100,000 Inhabitants	S	1	-	0	2	8.70 %
	Housing quality	Death rate by assault	Armed robbery per 100,000 Inhabitants	S	1	-	0	2	8.70 %
		Share of housing fulfilling minimal standards	Percentage of households served by the sanitation system network	U	1	S	1	3	13.04 %
	Touristic attractive-ness	Overnights per year per resident	Hotel occupancy rate	E	1	S	1	3	13.04 %
	Economic welfare	Poverty rate	Incidence of poverty	E	1	S	1	3	13.04 %
Participation in decision-making	City representative s per inhabitant	City Council representatives/ 100,000 Inhabitants	-	0	E+S+U	3	3	23.08 %	

Factor	Indicator	Adapted Indicator	DR	A DR	PR	A PR	CM	IW
GOVERNANCE Public and social services	Share of female city representatives	City Council female representatives/Total City Council representatives (Percentage)	-	0	S	1	1	7.69 %
	Expenditure of the municipal per resident in PPS	IRBES (Índice de Retorno de Bem-Estar à Sociedade - Social Welfare Return Index)	E+S+U	3	-	0	6	46.15 %
	Share of children in day care	Percentage of enrolment compared to demand	S	1	E	1	3	23.08 %

Keys: DR Directly Related, PR Partially Related, E Economical axis; S Sociocultural axis, U Urban-environmental axis, A DR Amount Directly Related, A PR Amount Partially Related, CM Calculation Method, IW Indicator Weighting

4. FINAL CONSIDERATIONS

This article, by choosing specific indicators for Vitória, is the first step to develop an assessment tool for the city under the Smart City concept. It aimed to outline the city profile, in order to diagnose its situation, and later compare it with other cities to obtain information through benchmarking and support government policy makers.

The development of a consistent assessment tool requires the selection of relevant indicators, aligned with the defined goals and targets (Hák et al. 2015). Amid a large number of indicators, it is assumed that the first step in the development of the assessment framework is to define the city's strategy, in accordance with the adopted concept of Smart City and Sustainable Development Goals. The importance of defining city level strategies is stressed, due to the relevance of local characteristics and challenges (Shen et al. 2010). The Vitória Agenda defines the strategy at the local level and displays important diagnostics and considerations. However, it is not clear as to setting goals and targets to be achieved, hindering the selection of indicators.

The strategic themes of the Vitória Agenda were the basis for assigning weights to the selected indicators. The indicator that stands out with the highest relative weight in the context of its category (Governance dimension), is the Social Welfare Return Index (Índice de Retorno de Bem-Estar à Sociedade - IRBES), with 46.15%, which compares the tax burden to the Human Development Index (HDI), and thus is directly related to the three strategic themes of the Agenda. Next, with the relative weight of 27.27%, are the indicators Ratio of Students Enrolled in High Quality Courses, Percentage of Population with 13 or More Years of Schooling, and Ratio of Workers in STEM Occupations, components of the People dimension. The high weight assigned to the indicator IRBES may have occurred because the Governance dimension has a lower amount of items when compared to the others. Thus, for a proper assessment, the need to add new indicators to this dimension is clear, in order to achieve a better balance in the allocation of weights.

The main challenge of the research was the access to reliable information, especially at the local level. In some cases, the use of the metropolitan region or state data was accepted, in

order to not hinder the work, since the percentage of excluded items for lack of similar data was high (63%). The data sources used for this research are public databases, and their publication, in general, does not occur on an annual basis, which also makes it difficult to obtain updated data.

By analysing the proposed indicators for the European medium-sized cities, the authors emphasise the difference between their development levels compared to the Brazilian cities. The tool used as reference does not address issues that correspond to recurring problems in Brazil, such as illiteracy and infant mortality. Thus, the need to continue the research is realised, in order to, once again, supplement the list of indicators with new items according to the local reality, grounded on other existing assessment tools.

REFERENCES

- Angelidou, M. 2014. Smart city policies: A spatial approach. *Cities* 41: S3-S11.
- Angelidou, M. 2015. Smart cities: A conjuncture of four forces. *Cities* 47: 95-106.
- BRE. 2016. *BREEAM Communities 2012: Technical Guide*. Watford: BRE Global Limited.
- Caragliu, A. Del Bo, C. Nijkamp, P. 2011. Smart Cities in Europe. *Journal Of Urban Technology* 18(2): 65-82.
- Fundação Carlos Alberto Vanzolini. 2011. *Referencial técnico de certificação – Processo AQUA: Bairros e loteamentos*. São Paulo: FCAV.
- GBCA. 2015. Green Star – Communities. Available online: www.gbca.org.au/green-star/green-star-communities/the-rating-tool/ (accessed on 26.05.16).
- Agenda Vitória. Available online: http://www.vitoria.es.gov.br/prefeitura/gestao-compartilhada#a_agendavitoria (accessed on 15.05.16).
- Giffinger, R. Fertner, C. Kramar, H. Kalasek, R. Pichler-Milanovic, N. Meijers, E. 2007. *Smart Cities: Ranking of European medium-sized cities*. Research Report, Vienna University of Technology.
- Hák, T. Janoušková, S. Moldan, B. 2015. Sustainable Development Goals: A need for relevant indicators. *Ecological Indicators* 60: 565-573.
- HQE. 2015. *HQE Management System for Urban Planning Projects*. Paris: Cerway.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. On www.ibge.gov.br/home (accessed 20.05.16)
- JSBC. 2012. *CASBEE for Cities - Technical manual*. Tokyo: Japan Sustainable Building Consortium.
- Miranda, C.L.P. Castiglioni, A.H. Silva, E.R. Varejão, S.B.S. 2014. A Região Metropolitana da Grande Vitória na transição demográfica brasileira: Análise da dinâmica demográfica dos municípios da RMGV a partir das mudanças ocorridas entre 2000 e 2010. In Lira, P. Oliveira Junior, A.P. Monteiro, L.L. (eds), *Vitória: Transformações na Ordem Urbana*: 57-92. Rio de Janeiro: Letra Capital.
- Monfaredzadeh, T. Krueger, R. 2015. Investigating social factors of sustainability in a smart city. *Procedia Engineering* 118: 1112-1118.
- Neirotti, P. De Marco, A. Cagliano, A.C. Mangano, G. Scorrano, F. 2014. Current trends in Smart City initiatives: Some stylised facts. *Cities* 38: 25-36.
- Oliveira Junior, A.P. Santos, A.C. Monteiro, L.L. Bergamaschi, R.B. 2014. A metrópole na rede urbana brasileira e na configuração interna. In Lira, P. Oliveira Junior, A.P. Monteiro, L.L. (eds), *Vitória: Transformações na Ordem Urbana*: 25-56. Rio de Janeiro: Letra Capital.
- Prefeitura de Vitória. Available online: www.vitoria.es.gov.br (accessed on 20.05.16).
- Shen, L. Ochoa, J.J. Shah, M.N. Zhang, X. 2010. The application of urban sustainability indicators – A comparison between various practices. *Habitat International* 35: 17-29.
- United Nations. 2015. *World Urbanization Prospects: The 2014 Revision*. New York: Department of Economic and Social Affairs.
- Urban Systems. 2015. *Ranking Connected Smart Cities*. São Paulo: Sator.
- USGBC. 2011. *LEED 2009 for Neighborhood Development Rating System*. Washington: U.S. Green Building Council.



Decision making process assisted by Life Cycle Assessment: Greenhouse gas emission

Ludimilla de Oliveira Zeule

*Federal University of São Carlos, Streamlining and Buildings Performance Research Center (NUPRE),
Doctoral student at the Structures and Civil Engineering Post-graduation Program (PPGECiv), São Carlos
(SP), Brazil*

zeule.eu@gmail.com

Laís David Vinhal

Federal University of São Carlos, NUPRE, Master student at PPGECiv, São Carlos (SP), Brazil

eng.laisvinhal@gmail.com

Sheyla Mara Baptista Serra

Federal University of São Carlos, NUPRE, Professor at PPGECiv, São Carlos (SP), Brazil

sheylabs@ufscar.br

Douglas Barreto

Federal University of São Carlos, NUPRE, Professor at PPGECiv, São Carlos (SP), Brazil

dbarreto@ufscar.br

ABSTRACT: The concept of sustainability has been spreading in the construction industry, introducing tools and methods that may assist in the process of decision making and allowing improvements in management techniques as much as in production processes. Thus, this research aims the selection of materials by means of the proposition of a decision making method – the Choosing by Advantage (CBA) assisted by the Life Cycle Assessment (LCA). It was adopted a commonly employed component in temporary facilities of construction sites in the construction industry, the tiles. The adopted tiles were composed by recycled material (polyethylene – aluminum) and by non – recycled materials (galvanized steel). It was applied a multi-criteria methodology, in which the CBA method proposes the analysis of the best type of tile according to sustainability parameters – ecological, economic and social. In this study, LCA complements the CBA by means of the evaluation of environmental impacts, where the factor “Carbon Dioxide Equivalent (Emission CO_{2eq})” was examined as a factor generated by the transportation of the tiles from the factory to the authorized reseller. By means of the implementation of the decision making method, it was verified the feasibility regarding the application of the LCA as a support tool to the CBA method for the selection of materials that cause less impact as a positively complementary methodology. It is concluded that the adopted methodology assists in the dissemination of sustainability in the stage of execution, according to a systemic approach based on sound information.

Keywords Sustainability. Decision making method. Life Cycle Assessment. Tiles. Carbon Dioxide Equivalent Emission.

1. INTRODUCTION

Abraham et al. (2013) considered that the construction industry sector frequently experiences issues regarding decision making processes. The complexity of the decisions to be taken by designers and others involved consists in the selection process of the building system as much as in the process of material selection. According to the authors, these issues demand a group of approaches called *Multi-Criteria Decision-Analysis* (MCDA).

Models of multi-criteria decision may present the capacity of systematically formulate and compare different options against other vast sets of projects criteria, providing a versatile tool to deal with complex tasks regarding the decision making process (MILANI et al. 2011).

Regarding the production stages of an enterprise, the phase of execution requires the evaluation of sustainability aspects, as emphasized by Zeule (2014), in addition to the occupancy and operation phases. It was verified in the research quoted above the existence of several techniques that may be disclosed and implemented on the construction sites, mainly regarding the existing temporary buildings during this stage, as for example, the application of insulating materials adhered to the facade/roofing.

Even considering the building frequency of temporary facilities and their cycle (mounting process, usage, disassembly process and reutilization), studies regarding the sustainable development of the project process of this system in the construction site are not abundant. Arslan and Cosgun (2008) verified that, in order to improve the performance of emergency or temporary facilities, industry may need to explore the environmental aspects of these buildings throughout their existence phases.

There are several discussions regarding the environmental performance of building materials. In this context, this research aimed to verify the combined applicability of two methods in order to assist the decision making process in the selection of tiles for construction site facilities, considering the environmental impact category of global warming and the "Carbon Dioxide Equivalent Emission (CO_{2eq})" factor generated by the transportation of the tiles from the factory to the authorized reseller. In order to accomplish this analysis, the multi-criteria method Choosing by Advantage (CBA) assisted by the Life Cycle Assessment (LCA) was employed.

Although the application of the CBA method in other countries is present, it was not observed its application in the Brazilian context of construction sites facilities, typifying a technical and scientific knowledge gap. In addition, according to Milani et al. (2011), the selection of materials is fundamental in several engineering projects, defining durability, cost, manufacture of the final product and environmental concerns as the recycling process and/ or the end of useful life, the methods may vary from a selection of the material to another.

2. MULTI-CRITERIA METHODS

The multi-criteria methods, as the decision making studies are designated, have been highly utilized in the solution of problems, since they may clarify to the decision maker the possibilities of choices. When a project staff chooses an alternative, the approach may not be

always overt, and rarely a formal method of decision making is employed (ARROYO, TOMMELEIN, BALLARD, 2015).

Milani et al. (2011) utilized the MCDA assisted by the life cycle assessment to the selection of composite materials and the considered criteria were cost, mechanical and thermal properties and environmental impact. In the research, it was compared a pure plastic gear with a polyethylene terephthalate (PET) / alternative aluminum powder composite, one of the results highlighted that the performance of the composite material and the attributes of cost are modified during the project process.

It is possible to appoint some methods of decision making employed in the analysis of sustainability oriented to the construction industry - Analytic Hierarchy Process and Analytic Network Process (SAATY, 1977), Multi-Attribute Utility Theory (VON-NEUMANN, MORGENSTERN, 1953), *Élimination Et Choix Traduisant la Réalité* (ELECTRE) (ROY, 1968), inter alia.

In addition to economic and structural factors, due to global changes, other factors may also be part of corporate responsibility, as issues oriented to natural environment and society. Regarding sustainability, one alternative is to perform modifications in the production processes of companies in order to reach ecologically sustainable options.

2.1 Choosing by Advantage (CBA)

The CBA system, according to Suhr (1999) is based on four principles: (1) the decision makers must learn and skillfully utilize tangible methods, (2) the decisions must be based on the importance of the advantage, (3) the decisions must be anchored on relevant facts and (4) different types of decisions demand different methods of decision making.

The difference of CBA, when compared to other methods, is the systemic analysis reconsidering the decision. Suhr (1999) indicates that the difference between sound methods and unsound methods¹ are the weighting rating given to wrong items, for example: advantages and disadvantages, pros and cons, criteria and objectives. In advance, CBA is a system that compares the advantages of the alternatives.

The CBA method for moderately complex decisions divides the process of Decision Making in five phases: 1) stage-setting, 2) innovation phase, 3) decision making phase, 4) reconsideration phase and 5) implementation phase (SUHR, 1999). This article emphasis Phase 3, the decision making phase.

3. LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA)

LCA is a tool utilized to assess the potential environmental impacts of a product system throughout its life cycle. This tool may be divided into four phases: definition of objective and scope; analysis of Life Cycle Inventory (LCI); Life Cycle Impact Assessment (LCIA) and interpretation of results (ABNT, 2009).

Onwards the results obtained by LCA it is possible to recognize the aspects that may cause more impact throughout the life cycle and, according to NBR ISO 14.040 (ABNT, 2009), by

¹ They are inconsistent methods, unstable (SUHR, 1999)

means of the interactivity among the phases of the LCA, it may be possible to achieve the completeness and consistency of the research and of the results.

According to Passuelo et al. (2014) there is a lack of studies about the LCA of construction materials in Brazil, what determines the necessity of studies that relate the practice of LCA in the local scenario in order to transform this object into a management tool applicable to the Brazilian reality.

4. RESEARCH METHOD

The employed research procedure was based on three available methods:

- Five stages of Phase 3 – Decision Making of the CBA (SUHR, 1999);
- Proposal of the authors Arroyo, Tommelein, Ballard (2015), suggesting the complementation of Phase 3 – Decision Making process with two more stages considered in Phase 2 – Innovation of CBA (SUHR, 1999), making the decision making procedure more comprehensive, embodying seven stages; and
- LCA as a tool disclosed by technical standards, allowing the evaluation of environmental impacts caused by materials and systems of products– NBR ISO 14.040 (ABNT, 2009), in order to assist the decision making process regarding environmental aspects.

Figure 1 exemplifies how the method was composed in order to be applied in this research.

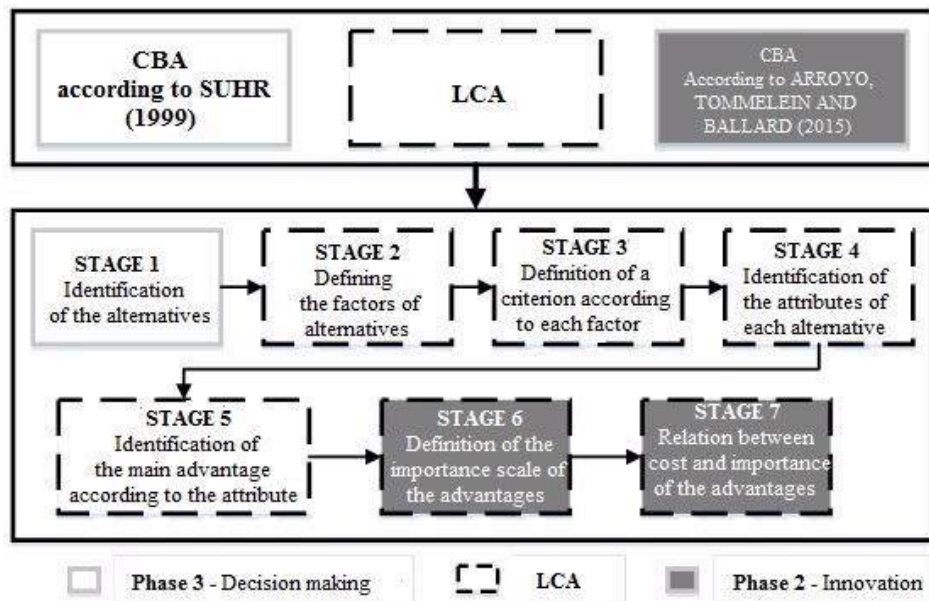


Figure 1. Participation of CBA and LCA in the method: Authors, 2016

The alternatives are the types of materials to be compared (Stage 1), and the definition of the elements that will be compared, these elements are present in the materials (Stage 2) subsequently, the essential criteria to attend the factors are defined (Stage 3) and, consequently the attributes of each alternative are detected (Stage 4), therefore the main advantage is determined by means of the less preferable attributes among the alternatives (Stage 5). Stage 6 defines a range scale by means of the advantages importance, utilizing the main advantage as support, in order to assess the cost data. In Stage 7, a graphic (Importance of the Advantages x cost of the material) is designed. The final result of this analysis is the

selection of one of the compared materials (alternatives), based on the defined attributes, which present the best option to be employed.

This research was focused on the “Carbon Dioxide Equivalent Emission (CO_{2eq})” of the analyzed tiles, which was the factor chosen to be studied on Stage 2 of Phase 3, regarding the Decision Making method CBA aggregated to the LCA which assisted the decision making process until the last stage.

For the effective application of the LCA, it was utilized a software in order to manipulate the data, as well as a database of life cycle inventories. The employed software was the Open LCA® and the ELCD 2.0 (ELCD, 2016) database; both were chosen because of the free availability.

In this research, it was analyzed the transportation stage of the tiles from the factory to the authorized reseller. Therefore, the data collection considered the calculation of the average distance between the factory and the cities in which the tiles were resold; the distances found are analyzed in Table 1. This analysis was made by means of a direct contact with the manufacturer of the tiles.

The analyzed tiles were constituted by: recycled material of long life package (polyethylene – aluminum); metallic corrugated in galvanized steel and; metallic trapezoidal in thermo-acoustic galvanized steel. Thus, by means of the software, the data provided by the manufacturers were compiled in order to obtain the CO_{2eq} emission regarding the category of global warming. In order to achieve the CO_{2eq} emission data caused by the transportation of the tiles, it was utilized the method consolidated by the Intergovernmental *Panel on Climate Change* (IPCC) (IPCC, 2013).

5. CASE REPORT

The selection of the tiles for the application of the method concerns the fact that the tile is one of the required components in temporary facilities of construction sites, and during the transportation process, the emission of greenhouse gases occurs.

The typology of the three analyzed tiles were: 1) tile containing recycled substances of long life package (polyethylene – aluminum); 2) corrugated galvanized steel tiles; 3) thermo-acoustic trapezoidal galvanized steel tiles, aiming to compare the different variety of tiles available on the market, which are employed in temporary facilities of construction sites.

5.1 Characterization of the tiles

The tiles presenting recycled material of long life package are composed by plastic (low density polyethylene LDPE) and aluminum of the packages, with an external layer of virgin aluminum, which is not part of the residues of the long life packages, adhered to the tiles in order to improve the thermal performance. The measures of these tiles were 2, 20 of length, 0, 92 of width, 6mm of thickness and 14 kg per unit.

The corrugated tiles constituted of galvanized steel are not painted metallic tiles, manufactured from a steel sheet covered by a thin layer of protection composed by pure zinc (galvanized sheet). The function of the zinc is to avoid the corrosion process. The tiles used in

this research were corrugated and natural (no painting), they presented width of 1,10m, length of 2,20m, thickness of 0,50mm and weight of 9,9 kg per unit.

Trapezoidal tiles manufactured in galvanized steel are not painted metallic tiles produced by two steel sheets (sandwich tiles), coated by pure zinc (galvanized sheet). In order to be designated as thermoacoustic, it must be filled with an insulating material as Expanded Polystyrene (EPS) or Polyurethane (PU), for example, thus characteristics that may improve the thermal and acoustic performance will be developed. The tiles applied in this study presented the shape of a trapezium, width of 1,10m, length of 2,20m, thickness of 0,50mm and a layer of EPS with 50mm of thickness, each piece weighted 21kg.

5.2 Application of the method

Stage 1 – Identification of the alternatives – The alternatives chosen to the application of the CBA method were the three types of tiles specified in item 5.1, utilized in temporary facilities of building sites.

Stage 2 – Definition of factors - The “Carbon Dioxide Equivalent Emission (CO_{2eq})” factor was analyzed.

Therefore, in Stage 2 the LCA was integrated in order to assist the CBA decision making method, in which the potential category of global warming was analyzed with regard to the transportation process. This factor was investigated regarding the transported distance and the weight of the tiles from the factory to the authorized reseller.

Stage 3 – Definition of a criterion regarding the factor – The criterion adopted to analyze the potential factor of global warming was: lower emission of CO_{2eq} .

According to the principle of sustainability, lower emissions of CO_{2eq} are related to a lower contribution to the global warming effect.

Stage 4 – Report of the attributes of the alternatives –In Table 1 the attributes of the alternatives were expressed, in other words, the quantity of CO_{2eq} emitted by the transportation of the tiles to the reseller.

Stage 5 – Decision of the main advantage – The main advantage indicated by the decision maker regards the tile presenting a lower CO_{2eq} emission.

Stage 6 – Definition of the importance scale of the advantages – In this research, as a single factor was analyzed (“ CO_{2eq} emission”), consequently it was evaluated by a maximum punctuation of 100 points.

Stage 7 – Relation between cost and importance of the advantages – After the attribution of the scores to the advantages, a calculation was made and the total of the importance of the advantages was obtained. The value of each alternative was also obtained, in other words, the price of each tile (unit) per square meter was achieved, a graphic IofA x R\$ was schematized, which enabled the choice of the most suitable tile.

Table 1 exhibits important data as the average distance traveled by the truck in order to transport the tiles from the factory to the sales area, considering that this resale may be direct as it is the situation of the metallic tiles in galvanized steel or may be performed indirectly, as

the recycled tiles, which the manufacturer transports the product to another specific sales area.

Table 1. Distance Data

Types of Tiles Distance and Lorries	Recycled material Polyethylene-aluminum	Corrugated Galvanized Steel	Thermo-acoustic Trapezoidal Galvanized Steel
Average transportation distance from factory to resale	1.225 km	535 km	535 km
Lorry utilized in the transportation	Truck 22 tonnes or Truck 14 tonnes	Truck 25 tonnes or Truck 12 tonnes	Truck 25 tonnes or Truck 12 tonnes

Authors, 2016

The inventory “*Articulated lorry transport, Euro 0, 1, 2, 3, 4 mix, 40 t total weight, 27 t Max payload – RER*” owns a representative data set for the European area (RER) (ELCD, 2016). The quantity of reference is the “cargo” and the data corresponds to the annual average.

According to the metadata of ELCD 2.0 (ELCD, 2016) the utilized methods were prepared according to the weighted average of the trucks in accordance to the emission standards EURO, in other words, EURO 0 to EURO 4. The valid cargo considered to the transport was 17,3 tonnes and 27t, due to the types of trucks utilized and detailed on Table 1, and, mainly, for being modules that represent “process systems” and for considering the early life of the diesel. The emission of combustion corresponds to data measured from the truck: ammonia, benzene, carbon dioxide, carbon monoxide, methane, nitrogen oxide, nitrous oxide, Non-Methane Volatile Organic Compound (NMVOC), PM 2.5 particles, sulfur dioxide, toluene, xylene. The emission of NMVOC, toluene and xylene results into combustion losses and imperfect evaporation by diffusion through the tank. The analyzed process was performed in a diesel-powered truck.

RESULTS

Due to the fact that tiles present the function of covering the facilities, a reference unit of coverage of 50m² was adopted in order to perform the calculation. In addition, an analysis was made regarding the sensibility of the disclosed data. Thus, the calculation was performed considering the average distance and a distance of 100km (standard), in order to make it possible to analyze the interference of the characteristics of the tiles, as the transported weight and volume.

In order to quantify the CO_{2eq} emission level, it was employed the? Life Cycle Impact Assessment (LCIA) method developed by IPCC, which utilizes the *Global Warming Potential* (GWP) in order to transform the emissions of greenhouse gases into emissions of CO_{2eq}, considering a time line of 100 years (IPCC, 2013).

The modules adopted as reference to the calculation of CO_{2eq} emission were ““*Lorry transport, Euro 0, 1, 2, 3, 4 mix, 22 t total weight, 17,3t maxpayload - RER*”, a more decisive module when compared to the “*Articulated lorry transport, Euro 0, 1, 2, 3, 4 mix, 40 t total weight, 27 t maxpayload – RER*”, according to Table 2.

Table 2. Global warming according to real and standard distances with the maximum cargo weight of the truck

TILES	IPCC 2013 - GWP 100a (CO _{2eq})					
	Distance of 100km			Real Distances		
	Tonnes x km	Max. 27 tonnes	Max. 17,3 tonnes	Ton x km	Max. 27 tonnes	Max. 17,3 Tonnes
Polyethylene - aluminum Recycled material	42,0	0,00492	0,00819	514,5	0,06023	0,10018
Metallic Corrugated	24,8	0,00281	0,00468	132,6	0,01547	0,02573
Metallic thermoacoustic	52,6	0,00609	0,01014	281,4	0,03293	0,05477

Authors, 2016

For the real distances, the module which contributed the most for the category of Global Warming was the module regarding the transportation of recycled tiles, presenting an emission level of 1, 00E-01 (CO_{2eq}), followed by the thermoacoustic metallic tiles presenting an emission level of 0, 55E-01 (CO_{2eq}) and the corrugated metallic tile presenting an emission level of 0, 26E-01 (CO_{2eq}). According to this analysis, the average distance directly affected the results, as the longer distance refers to the recycled tile (1225 km), followed by the metallic tiles presenting the same distance (535 km). In this case, as the distance for the metallic tiles was equivalent, the predominant factor for the result of the emission level was the weight, as in order to cover 50m² it is necessary 0,526 tonnes of thermoacoustic tiles and 0,248 tonnes of corrugated metallic tiles.

However, when the standard distance of 100 km was adopted, the transportation of the thermoacoustic tile was the most critical, presenting an emission level of 1,01E-02 (CO_{2eq}), followed by the recycled tile presenting an emission level of 0,82E-02 (CO_{2eq}) and the corrugated metallic tile, 0,47E-02 (CO_{2eq}). In order to perform this analysis, it was observed that the weight of the tiles was decisive for the results, as to cover 50m², the thermoacoustic tiles own a higher weight of 0,526 ton/m², followed by the recycled tiles, 0,420 ton/m² and the corrugated metallic tiles, 0,248 ton/m². Henceforth, Table 3 exhibits the results of the joint application of the CBA method assisted by the LCA, where it may be seen six of the seven stages briefly explained on the research method.

Table 3, Results of the application of CBA assisted by LCA.

ANALYZED FACTOR	ALTERNATIVES					
	POLYETHYLENE - ALUMINUM RECYCLED TILE		CORRUGATED METALLIC TILE - GALVANIZED STEEL		THERMOACOUSTIC METALLIC TILE - GALVANIZED STEEL	
Carbon Dioxide Equivalent Emission – according to the average distance <i>Criterion:</i> Lower CO ₂ eq emission	Attributes: 1,00	0	Attributes: 0,26	50	Attributes: 0,55	0
	Advantage:		Advantage: lower CO₂ eq emission		Advantage:	
Carbon Dioxide Equivalent Emission – according to the distance of 100km <i>Criterion:</i> Lower CO ₂ eq emission	Attributes: 0,82	0	Attributes: 0,47	50	Attributes: 1,01	0
	Advantage:		Advantage: lower CO₂ eq emission		Advantage:	
TOTAL IofA		0		100		0

Authors, 2016

In order to conclude the selection of the tile, the economic aspect was considered. Stage 7 of the research method presents a graphic containing the cost of the tiles according to the Importance of Advantage (IofA).

The values of the tiles were calculated referring to 1m². The polyethylene – aluminum recycled tile costs R\$ 16,58/m², the corrugated metallic tile in galvanized steel costs R\$ 16,54/m² and the thermoacoustic metallic tile in galvanized steel with EPS costs R\$ 44,64/m². Thus, the graphic presented by Figure 2 illustrates the relation between Importance of Advantage and costs/m² of the tiles.

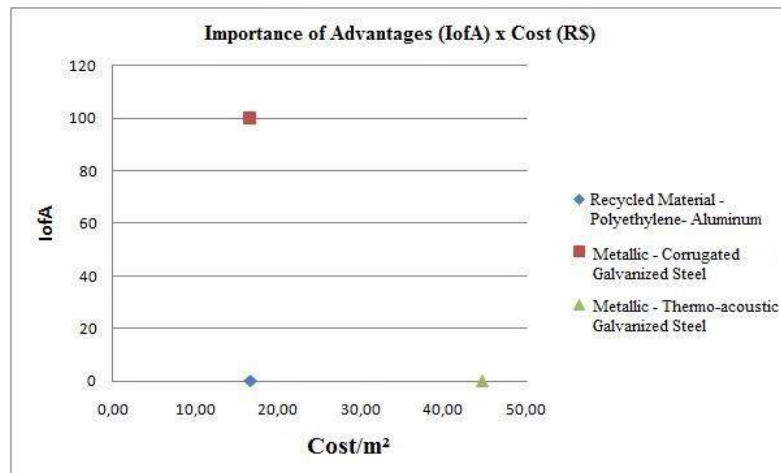


Figure 2: Graphic of the relation between the Importance of Advantage x Cost of the tiles: Authors, 2016

Therefore, after the implementation of the method, it was possible to identify that the most convenient tile regarding the factor of greenhouse gas emission was the corrugated metallic in galvanized steel, which emitted less CO_{2eq}, and presented a reasonable market price. However, it is emphasized that other factors must be assessed in order to complete the process of material selection.

6. CONCLUSION

According to the performed evaluations, the possibility of achieving several results was verified, what presents a direct dependency with the unit of reference. In this work, the application of LCA allowed to determine the quantity of emitted CO_{2eq}, by means of the category associated to global warming. However, the necessity of analyzing other categories of environmental impact that may relate other ways of emission not contemplated by the category of global warming is existent.

Brazil does not own an implemented database that represents the reality in all levels of the country, thus, it justifies the use of an international database. The ideal is the performance of an adaptation of the information presented by the database as reference. However, the objective of this research was to demonstrate the contribution that LCA may provide to the decision making methods, because LCA effectively contributes by facilitating the choice made by the decision-maker.

Characteristics as volume and weight, in addition to the average distance traveled by the vehicle and the utilized vehicle must be considered in order to analyze the transportation

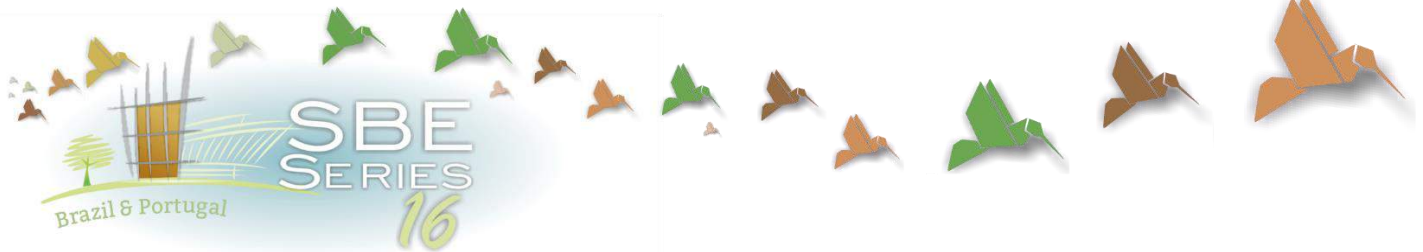
process of the tiles. These factors must be simultaneously studied as they directly affect the emission levels, enabling a critical examination by the decision maker at the moment of the analysis according to the unit of reference.

Thus, the accuracy of the method adopted in this research was validated. The LCA verified the CO_{2eq} emission and the method of decision making verified the advantages of the tiles by means of the principle that when the CO_{2eq} emission level is lower, consequently the transport of the tiles causes less social and environmental impacts.

It is important to emphasize that the result obtained with regard to the CO_{2eq} factor, does not characterize the ideal tile for the selection of the material to be utilized in temporary facilities in construction sites, since this analysis must be made by considering other factors that may characterize the environmental, social and economic impacts. Thus, the decision making process in the sector of construction industry requires attention aiming the improvement of this area.

REFERENCES

- ABRAHAM, K.; LEPECH, M.; HAYMAKER, J. 2013. Selection and Application of Choosing by Advantages on a Corporate Campus Project. *In: Proceedings IGLC-21*, July 2013 – Fortaleza, Brasil.
- ARAÚJO, G. C.; BUENO, M., P.; SOUSA, A. A.; MENDONÇA, P. S. M. 2006. Sustentabilidade Empresarial: conceitos e indicadores. *Anais... III Congresso Virtual Brasileiro de Administração – CONVIBRA 2006*. Available on: <http://www.convibra.com.br/2006/artigos/61_pdf.pdf>. Access in: nov. 2015.
- ARROYO, P.; TOMMELEIN, I. D.; BALLARD, G. 2015. Selecting globally sustainable materials: A case study using Choosing by Advantages. *Journal of Construction Engineering and Management*, v. 142, n. 2, p. 05015015, 2015.
- ARSLAN, H; COSGUN, N. 2008. Reuse and recycle potentials of the temporary houses after occupancy: Example of Duzce, Turkey. *Building and Environment*, v. 43, n. 5, p. 702-709.
- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 2009. *NBR ISO 14040 – Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura*. Versão corrigida 21/07/2014, 21 p. Rio de Janeiro.
- ELCD. *European Life Cycle Database*. Versão 2.0 access by open LCA nexus. Available on :<https://nexus.openlca.com>. Access in: may. 2016.
- IPCC. INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. 2013. Summary for Policymakers. Working Group I Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- MILANI, A. S.; ESKICIOGLU, C.; ROBLES, K.; BUJUN, K.; HOSSEINI-NASAB, H. 2011. Multiple criteria decision making with life cycle assessment for material selection of composites. *eXPRESS Polymer Letters*, vol.5, n.12, p.1062–1074.
- PASSUELO, A. C. B.; OLIVEIRA A. F. de; COSTA, E. B. da; KIRCHHEIM, A. P. 2014. Aplicação da avaliação do ciclo de vida na análise de impactos ambientais de materiais de construção inovadores: estudo de caso da pegada de carbono de clínqueres alternativos. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 7-20, out./dez. 2014. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.
- ROY, B. 1968. Classement et choix em présence de points de vue multiples (la méthode ELECTRE). *RAIRO Recherche Opérationnelle/Operations Research 2*, p.57-75.
- SAATY, T. L. 1977. A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, vol. 15, p. 234-281.
- SUHR, J. 1999. *The choosing by advantages decisionmaking system*. Westport, CT: The Greenwood Publishing Group/Quorum Books.
- VON-NEUMANN, J.; MORGENSTERN, O. 1953. *Theory of games and economic behavior*. 3 ed. Princeton: Princeton University Press.
- ZEULE, L. O. 2014. *Práticas e avaliação da sustentabilidade em canteiro de obras*. Dissertação (mestrado) Programa de Pós-graduação em Estruturas e Construção Civil (PPGECiv), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 263f.



Water sustainability assessment for the region of Curitiba

Caroline Oliveira de Castro

Engenharia Civil, Universidade Positivo, Curitiba (PR)
carol.castro@outlook.com

Óliver Cristian Santos Loureiro

Engenharia Civil, Universidade Positivo, Curitiba (PR)
oliverphl@gmail.com

Andreia Vieira Santos

Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental, Universidade Positivo, Curitiba (PR)
deia.vieira.santos@gmail.com

Juvancir Silva

*Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental, Universidade Positivo, Curitiba (PR),
Dept. de Administração, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa (PR)*
juvancirsilva@gmail.com

William Bonino Rauen

*Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental, Universidade Positivo, Curitiba (PR),
Dept. de Hidráulica e Saneamento, Universidade Federal do Paraná, Curitiba (PR)*
wbrauen@gmail.com

ABSTRACT: The Watershed Sustainability Index (WSI) allows for integrated analyses of social, economic and environmental matters that can affect sustainability in a watershed, in a water-centric approach. It is subdivided into four categories: hydrology, environment, life and policy, each of them analysed through a three-tier indicator system, namely for pressure, state and response. As such, the index accounts for present conditions, trends and ongoing corrective actions. This paper reports on a sustainability assessment undertaken using WSI for a region encompassing Curitiba, capital of the southern Brazilian state of Paraná. Water resources are managed via the river basin committee COALIAR, which includes the Upper Iguaçu river and affluents of the Upper Ribeira river. Such a water management remit area supports over three million people (93% urban) and includes one of the most polluted rivers in Brazil (the upper reaches of the Iguaçu river, in Curitiba). Several data repositories were used and a comparison of results obtained using different indicator and calculation approaches was made, both to assess the robustness of the diagnostic assessment and to inform future WSI application. Possible pathways to improve water sustainability are indicated based on the assessment results.

Keywords Sustainability indicator, watershed, WSI, Upper Iguaçu, Curitiba

1. INTRODUCTION

The sustainable development paradigm promotes inter-generational equity and requires mankind to strike a responsible balance between the anthropogenic pressures on natural resources and the resilience of natural systems (Meadows, 1998). Management of socioenvironmental systems can rely upon sustainability assessment methods based on indexes and indicators, which support decision making in allowing for diagnostic and prognostic studies of scenarios of interest (Siche et al. 2007). In isolation, indicators for environmental, economic, infrastructure and other aspects could not adequately reflect the complexity of sustainability issues (Guimarães & Feichas, 2009). When combined in a multi-dimensional and multi-scale analysis framework, however, they may be used to represent the sustainable development context (Bellen, 2004).

Access to water with adequate quality and quantity is essential for sustainable human development, as water is one of the key resources required to sustain anthropogenic activities (UNESCO, 2001). The concept of water sustainability is used to represent, in a water-centric manner, the interconnected socioenvironmental aspects of natural and human water cycles. The overall goal is to achieve a balanced utilisation pattern that does not compromise the water cycle and ecosystems (Ni et al. 2012). In this context, sound water management approaches are required to promote rational use of resources, but the effectiveness of actions in promoting sustainability also depends on factors which are not under the direct competence of water managers. Aspects such as education, income, health, food demand and level of environmental awareness of a population all interact to determine the form and intensity of water use.

Analyses encompassing one or a few such aspects have been undertaken using indexes such as the Watershed Sustainability Index (WSI), Water Poverty Index (WPI), Canadian Water Sustainability Index (CWSI) and West Java Water Sustainability Index (WJSI) (Silva, 2016). Among these, WSI is an established index for application to river basins and has received international attention in the context of water resources management (UNESCO, 2008). This index integrates key indicators linked to water sustainability in a single analysis framework. Its application has assisted in the identification of threats owing to diffuse source pollution in a Brazilian rural basin (Chaves & Alipaz, 2007), quantitative water scarcity in semi-arid regions of Chile, Mexico and India (Cortés et al. 2012; Jiménez et al. 2013; Chandniha et al. 2014) and a combination of sewage and agricultural diffuse source pollution and soil erosion in Costa Rica (Catano et al. 2009).

In the region of Curitiba, water resources management is undertaken in the remit of *Comitê das Bacias do Alto Iguaçu e Afluentes do Alto Ribeira* (COALIAR), a river basin committee that encompasses the upper portion of the Iguaçu river basin and the basins of two affluents of the Ribeira river, namely the Açungui and Capivari rivers (Águas Paraná, 2007). The corresponding remit area of 5870 km² encompasses a large part of the metropolitan region of Curitiba, with a population of 3.2 million inhabitants (93% urban) (IBGE, 2010). All of the water management instruments prescribed by the Brazilian water resources policy have been implemented, but recent data have shown opposing trends in aspects that can influence water sustainability. For instance, from 2001 to 2010 water quality in the Upper Iguaçu river worsened, in a scenario of quali-quantitative scarcity (ANA, 2012); environmental degradation increased as a result of uncontrolled

urbanisation (IPARDES, 2013); but socioeconomic aspects, such as indicated by the Human Development Index (HDI) and its sub-indexes improved in the region (IBGE, 2010). This suggests that recent economic growth may have occurred at the expense of natural resources, such as water. In such a situation, environmental resilience and sustainable development can be compromised. Such wide ranging water sustainability diagnostic does not appear to have been made for this region. Thus, the objective of this study was to determine WSI for the COALIAR remit area, to support water researchers and managers in the identification of the most critical aspects that impair water sustainability in the region.

2. WSI DESCRIPTION

The WSI (Chaves & Alipaz, 2007) is based on the internationally recognised HELP platform (UNESCO, 2001), with four analysis categories or sub-indexes: *Hydrology* (H), *Environment* (E), *Life* (L) and *Policy* (P). The index is calculated as the average of the four sub index values, as in Equation (1). The range of each parameter is from 0.25 to 1.0. A WSI value is interpreted based on Table 1.

$$WSI = \frac{(H + E + L + P)}{4} \quad (1)$$

Table 1. Interpretation of WSI results in terms of the level of sustainability in a river basin

Low	Intermediate	High
WSI < 0.5	0.5 ≤ WSI ≤ 0.8	WSI > 0.8

Hydrology is assessed through two sub categories, namely for *Quantity* and *Quality*. These sub categories and the remaining categories are each represented by three attributes or types of indicators, namely for Pressure (P), State (S) and Response (R), which allows for cause-effect relationship assessments of the effectiveness of management decision making and any corrective actions. Thus, WSI includes 15 attributes and/or indicators in the sustainability diagnostic of a river basin, as shown in Tables 2, 3 and 4. Chaves & Alipaz (2007) pointed out that the index should be calculated for a management-relevant local-regional scale, and suggested an area of the order of 2500 km². A suitable timeframe of analysis should allow for effects of management actions and/or climate change to be reflected upon WSI indicator values, so that a five-year period was proposed as standard.

Table 2. Pressure attributes/indicators and corresponding scoring levels (Chaves & Alipaz, 2007)

Category	Attribute/Indicator	Level	Score
Hydrology	Quantity Variation in the basin <i>per capita</i> water availability in five years	Δ < -10%	0.25
		-10% < Δ < 0%	0.50
		0 < Δ < +10%	0.75
	Quality Variation in the basin DBO ₅ in five years	Δ > +10%	1.0
		Δ > 10%	0.25
		0 < Δ < 10%	0.50
Environment	Environmental Pressure Index (EPI) in the basin over five years	-10% < Δ < 0%	0.75
		0% < EPI < 5%	0.75
		EPI < 0%	1.0
		EPI > 10%	0.25
Life	Variation in the basin <i>per capita</i> HDI-Income in five years	Δ < -10%	0.25
		-10% < Δ < 0%	0.50
		0 < Δ < +10%	0.75
Policy	Variation in the basin HDI-	Δ > +10%	1.0
		Δ < -10%	0.25
		-10% < Δ < 0%	0.50

Education in five years	0 < Δ < +10%	0.75
	Δ > +10%	1.0

Table 3. State attributes/indicators and corresponding scoring levels (Chaves & Alipaz, 2007)

Category	Attribute/Indicator	Level	Score	
Hydrology	Quantity	Basin <i>per capita</i> water availability (m ³ .person ⁻¹ .year ⁻¹)	Wa < 1700	0.25
		1700 < Wa < 3400	0.50	
		3400 < Wa < 5100	0.75	
	Quality	Basin average DBO ₅ (mg.l ⁻¹)	Wa > 5100	1.0
			DBO > 10	0.25
			5 < DBO < 10	0.50
Environment	Proportion of basin area under natural vegetation (%)	3 < DBO < 5	0.75	
		DBO < 3	1.0	
		0 < Av < 10	0.25	
		10 < Av < 25	0.50	
Life	Basin HDI weighed by county population	25 < Av < 40	0.75	
		Av > 40	1.0	
		IDH < 0.60	0.25	
		0.60 < IDH < 0.75	0.50	
Policy	Basin institutional capacity in water resources management (legal and organisational)	0.75 < IDH < 0.90	0.75	
		IDH > 0.90	1.0	
		Poor	0.25	
		Medium	0.50	
		Good	0.75	
		Excellent	1.0	

Table 4. Response attributes/indicators and corresponding scoring levels (Chaves & Alipaz, 2007)

Category	Attribute/Indicator	Level	Score	
Hydrology	Quantity	Improvement in water use efficiency in five years	Poor	0.25
		Medium	0.50	
		Good	0.75	
	Quality	Improvement in adequate sewage treatment and disposal in five years	Excellent	1.0
			Poor	0.25
			Medium	0.50
Environment	Evolution in basin conservation areas in the period, including best management practices	Good	0.75	
		Excellent	1.0	
		Δ < -10%	0.25	
		-10% < Δ < 0%	0.50	
Life	Variation in the basin HDI in five years	0 < Δ < +10%	0.75	
		Δ > +10%	1.0	
		Δ < -10%	0.25	
		-10% < Δ < 0%	0.50	
Policy	Variation in the basin's water resources management expenditures in five years	0 < Δ < +10%	0.75	
		Δ > +10%	1.0	
		Δ < -10%	0.25	
		-10% < Δ < 0%	0.50	

3. WSI APPLICATION

The study area for WSI application was the COALIAR remit area, as shown in Figure 1. The Upper Iguaçu, Açungui and Capivari basin areas are 3630 km², 1285 km² and 955 km² respectively (Águas Paraná, 2007). Indicators were computed based on official data and information of *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística* (IBGE), *Agência Nacional de Águas* (ANA), *Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social* (IPARDES), *Fundação SOS Mata Atlântica*, *Instituto das Águas do Paraná*, *Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento* (SNIS), *Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos* (SNIRH) and United Nations Development Programme (UNDP). Key national and state laws and documents on water resources management and the scientific literature were also consulted. The period of analysis was from 2000 to 2010, which allowed for a consistent match of databases in an adequate and recent time span. Any indicator

variations thus computed were then divided by two to adjust to the original five-year scoring levels of Tables 2, 3 and 4. Perhaps such scoring levels could be transformed to a yearly-rate format, in future WSI applications. Data were available for different territorial units, such as municipalities, Human Development Units (HDUs) and river basins. Thus, as required the datasets were transposed to the study area by using area-weighted averaging, so that indicators could be determined for the COALIAR remit area.

Discrepancies were noted in the calculation approach of several indicators by Chaves & Alipaz (2007), UNESCO (2008), Catano et al. (2009), Jiménez et al. (2012) and Cortés et al. (2012), owing to conceptual differences and/or adaptations to data availability. Thus, a sensitivity analysis was done for the effect of indicator determination approaches on WSI, for some indicators which are qualitative in nature or for which there is no established calculation method. When in doubt, a conservative estimation was made. The following sections outline the determination of indicators for each of the four HELP categories, and then present the final computation and interpretation of WSI for the study area.



Figure 1. COALIAR remit area in relation to the municipalities of the Metropolitan Region of Curitiba

3.1 Hydrology

The population of the study area was estimated from IBGE (2000; 2010), as 2,735,751 inhabitants in 2000, and 3,135,645 inhabitants in 2010. For computing the *Quantity-Pressure* and *Quantity-State* indicators, the basin water availability (W_a) was determined

using historical data provided by Águas Paraná (2007) considering both surface water and groundwater availabilities, as $W_a = Q_{38} - Q_{95} + Q_{gw}$, where $Q_{38} = 114.4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ was the long term average discharge, and $Q_{95} = 25.74 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ was the ecological discharge and $Q_{gw} = 27.86 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ was the groundwater discharge. As a result, the basin *per capita* water availability was $1344 \text{ m}^3 \cdot \text{person}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$ in 2000, and $1172 \text{ m}^3 \cdot \text{person}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$ in 2010. Such levels are usually associated with a water scarcity scenario (Brown & Matlock, 2011). Due to population growth, water availability decreased by around 12% in the ten-year period, which was associated to a 6% decrease in five years. The use of historical discharge data seemed justified by the lack of significant increase in the absolute water availability in the study area in the period, e.g. due to climate change or water transfers. However, both influences are expected to occur in the next few decades (Águas Paraná, 2007), so that similar calculations in the future may not be solely based on the historical discharge data. For this analysis, based on the above results and Tables 2 and 3 levels, the *Quantity-Pressure* indicator scored **0.50**, while the *Quantity-State* indicator scored **0.25**.

Determination of the *Quantity-Response* indicator relied on data and information of IPARDES and SNIS, about losses in the water supply system and measures undertaken by the public sector to promote end-user efficiency. It was observed that losses increased by 8% in the period, while in Curitiba, municipal law no. 10785/2003 made it compulsory for new dwellings to install water storage systems and more economic household appliances. Thus, a score of **0.50** was conservatively set to this indicator.

For determining the *Quality-State* indicator, a representative DBO_5 value must be found for the basin. This task is complicated by the fact that monitoring results can be biased by the sampling strategy, and because the diversity of land use patterns over such a large area favour high variability. Thus, two methods were considered in setting the basin DBO_5 value for the study area. Firstly, based on historical water quality data at the basin outlet (Formigoni et al. 2011) and for Q_{38} , whereby the value of $\text{DBO}_5 = 6.5 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ was found and applied to the whole analysis period. Secondly, based on monitoring data publicly available at *Portal da Qualidade das Águas* of Brazil's National Water Agency, the reference DBO_5 was calculated as the median value of available data in each year. For this method, for 2000 the result obtained was $7.60 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, while for 2010 it was $2.50 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Such values are considerably below the levels measured in river reaches situated in the more densely populated area of the river basin, and especially in Curitiba, where the median values were $19 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ in 2000 and $13 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ in 2010. Thus, for the study area and based on Table 3, the *Quality-State* indicator score was set as **0.50**.

For the *Quality-Pressure* indicator, the monitoring data suggested that the basin-wide median DBO_5 decreased in the period. In five years, the variation was -33%, which suggested an overall trend of improving water quality in the river basin, at least in terms of the organic load and within the indication capacity of the parameter. This would lead to the maximum score for this indicator, based on Table 2. However, recognising the data limitation to provide a representative DBO_5 value for the basin and in view of the known water quality issues, the score was more conservatively set as **0.75** for this indicator.

The *Quality-Response* indicator was determined using data and information provided by IPARDES and SNIS. Investments on sewage collection and treatment systems increased, so that the population coverage more than doubled in the period, while population growth was around 15%. However, recognising the occurrence of irregular land occupation with

off-the-grid dwellings, especially in the urban zone and often in conservation areas, a score of **0.50** was conservatively set to this indicator, based on Table 4.

3.2 Environment

The indicator for *Environment-Pressure* is the Environment Pressure Index (EPI), which is calculated as $EPI = (\%V_a + \%V_p)/2$, where $\%V_a$ and $\%V_p$ represent variations in basin agricultural area and urban population respectively, both in five years in the study area. The IBGE and IPARDES databases were used, and the computation of $\%V_a$ took into consideration plantations, pastureland mixed with forest and agriculture mixed with forest. The results thus obtained for the ten-year period were $\%V_a = +2.6\%$ and $\%V_p = +15.5\%$, which led to $EPI = +4.5\%$ in five years. Based on Table 2, this indicator scored as **0.75**, denoting a medium level of continued anthropogenic pressure on the environment.

For the *Environment-State* indicator, an analysis of data in SOS Mata Atlântica (2011) indicated that 15% of the COALIAR area is occupied by remnant vegetation. Based on Table 3, this corresponded to a score of **0.50** for this indicator.

Data and information made available by IPARDES and Águas Paraná were involved in the determination of the *Environment-Response* indicator. The number and date of implementation of protected areas were considered. Before the year 2000, 16 preservation units were registered. In the period leading up to 2010, seven further units were implemented. This represented an increase of 22% in five years for this criterion, which would lead to the maximum score for the indicator, based on Table 4. However, due to the authors not being able to access further information about these or other areas, the indicator score was conservatively set as **0.75**.

3.3 Life

Data provided by IBGE and UNDP for the HDI and its sub index *per capita* HDI-Income (HDI-I) were used to compute indicator values for this category. Such data was available for two territorial units, namely municipalities and HDUs, so that the computation of HDI results for the COALIAR remit area was made using both datasets, for comparison. The results thus obtained are shown in Table 5. Small differences in HDI values were associated with selecting a given territorial unit over another, which did not affect the subsequent indicator scoring. For a five-year period, HDI-I increased by 3.7% or 3.3% using data for HDUs or municipalities respectively, so that the *Life-Pressure* indicator scored **0.75**, based on Table 2. The basin HDI in 2010 was 0.780 or 0.786 respectively, so that the *Life-State* indicator scored **0.75**, based on Table 3. And, for a five-year period, the HDI increased by 6.4% or 6.5% respectively, so that the *Life-Response* indicator also scored **0.75**, based on Table 4. These results suggested that human development levels in the COALIAR remit area were relatively high on average, which can be partly credited to the metropolitan region of Curitiba performing the role of an economic hub for the area.

Table 5. Results obtained for the COALIAR remit area for the Human Development Index (HDI) and its sub indexes of per capita income (HDI-I) and education (HDI-E)

Territorial unit of IBGE data	HDI		IDH-I		IDH-E	
	2000	2010	2000	2010	2000	2010
HDU	0.692	0.780	0.723	0.776	0.582	0.714
Municipality	0.695	0.786	0.750	0.800	0.575	0.713

3.4 Policy

Determination of HDI-Education (HDI-E) followed the procedure outlined earlier for other HDIs, and led to the results shown in Table 5. For a five-year period, HDI-E increased by 11% or 12% using HDU or municipality data respectively, so that the Policy-Pressure indicator score was set as **1.0**, based on Table 2. It can be noted that formal educational development was relatively high in the study region, but there is no guarantee that environmental education followed the same trend in that period. Not contemplating some natural resource conservation awareness indicator is, perhaps, a drawback of WSI.

The water resources management capacity in the COALIAR remit area was estimated by taking into account both the existence and the effectiveness of legal and organisational instruments. Data and information for this analysis were obtained from Águas Paraná and SNIRH. The following elements were considered: i) national and state legislations; ii) management instruments (national, state and river basin plans; water body classification according to prescribed uses; water permits; water usage charges; and information systems); and iii) management institutions (river basin committee, national and state water agencies, river basin agency). Each criterion was assessed on a scale 'yes-partial-no', to reflect its existence relative to the period of analysis. For instance, in 2010: the state water resources plan had just been concluded; the state and river basin agencies had just been created; the river basin management plan had not yet been finalised; and water usage charges had not yet been implemented. Thus, the *Policy-State* indicator score was set as **0.75**, based on Table 3.

To determine the *Policy-Response* indicator, it was not possible to access sufficient data to quantify investments directly made towards water management actions. Thus, a similar approach as taken by Catano et al. (2009) was used, by taking into consideration information on structural and non-structural actions known to have taken place in the basin to improve water resources. Evidence was found of investments made to support the implementation of linear parks alongside urban rivers to reclaim and protect their banks, enhancements to several wastewater treatment facilities, expansion of the water quality monitoring network and in the river basin committee itself. The associated investment increase was deemed to lie between 0% and 10% in five years. Thus, this indicator score was set as **0.75**, based on Table 4. Future investigations may include investments arising from the water charging scheme implemented in 2013.

3.5 WSI computation and interpretation

The WSI result of **0.69** was obtained for the study region, by using Equation 1 and with the category scores shown in Table 6.

Table 6. Scores obtained for the WSI analysis categories for the study region

Category	Pressure	State	Response	Average
Hydrology	Quantity	0.50	0.25	0.50
	Quality	0.75	0.50	0.50
Environment	0.75	0.50	0.75	0.67
Life	0.75	0.75	0.75	0.75
Policy	1.0	0.75	0.75	0.83
Average	0.78	0.59	0.69	WSI = 0.69

In relation to the types of indicators, it can be noted that the lowest score occurred for *State*, with 0.59, which might be explained by the strong urban footprint associated with

the presence of a metropolitan region in the study region. This was followed by *Response*, with 0.69, and *Pressure*, with 0.78. Such WSI value was associated with the *Intermediate* sustainability class of Table 1. This result was the most conservative estimate made herein with different calculation approaches, but the index has shown a low sensitivity to the variation of indicator calculation methods (please see Castro & Loureiro, 2016 for individual indicator results, further information and in-depth analyses). This note may be reassuring for future investigations involving similar assessments, for minimising biases arising from, for instance, the transference of data and information from a municipal or Human Development Unit format to the river basin remit area of WSI, or to scoring indicators which are qualitative in nature or for which there is no established calculation method. Such a low sensitivity of the index might also be attributed to the relatively low scoring resolution, with only four tiers (0.25, 0.50, 0.75 or 1.0), and/or to the ranges of results of specific indicator associated with each tier. The fact that the *Intermediate* class in Table 1 is numerically the widest of the three, for a range of 0.30 (against 0.25 for *Low* and 0.20 for *High*) arguably slightly favours it as the most likely assessment outcome.

There was a marked disparity among the four aspects that influence water sustainability, as indicated by WSI. It was found that the *Hydrology* category was the most severely impacted in the study region, with a score of 0.50, followed by *Environment*, with 0.67. This outcome came as no surprise, since the Upper Iguaçu river, in particular, is known for its highly degraded state, suffering from virtually all of the typical urbanization problems of a developing country.

The relatively high scores obtained for *Life*, with 0.75, may have been impaired in recent years due to the national economic crisis. This could be verified through an up-to-date assessment with consistent data and/or projections. The *Policy* score of 0.83 is expected to improve further in such an update, if based on similar analysis criteria as used herein.

Overall, these results suggested that any socioeconomic and water management improvements were not accompanied by comparable improvement in natural resource stocks. Broadly speaking, such a scenario is notoriously associated with a decreasing resilience of natural systems, which may compromise inter-generational equity and the promotion of sustainable development. The river basin management plan anticipates that water transfers into the region will be required, in the short to medium terms, to prevent the current scenario from deteriorating further, as population continues to grow.

4. CONCLUSION

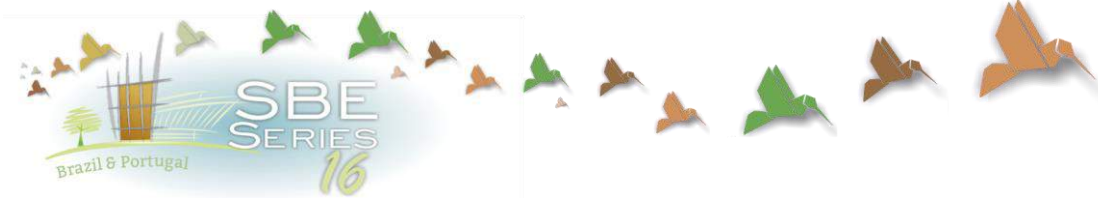
In this study a water sustainability assessment was undertaken for Curitiba and surrounding region, based on an application of the Watershed Sustainability Index (WSI) for the period from 2000 to 2010. The analysis indicated an intermediate sustainability state. Substantial differences were found among the four analysis categories, namely for Hydrology, Environment, Life and Policy. Critical issues that compromised sustainability were a quali-quantitative water scarcity scenario and insufficient preservation of remnant vegetation, both of which were made worse by population growth. Human development levels and the water resources management capacity were relatively high and improved further in the period. A significant improvement in the water sustainability scenario probably can only be achieved through large scale structural measures, such as water transfers and more efficient and widespread basic sanitation. Such measures could be

instrumental in reversing the threat of environmental unsustainability in the medium term, to hopefully prevent the occurrence of a water crisis in the region of Curitiba.

Future studies could determine WSI or a similar index up to the present day, and estimate future decadal scenarios taking into account the effects of climate change, population growth and expansion of the water supply and sanitation systems.

REFERENCES

- Águas Paraná. 2007. *Plano das bacias do Alto Iguaçu e Afluentes do Alto Ribeira*.
- Agência Nacional de Águas (ANA). 2012. *Relatório Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil*.
- Bellen, H. M. V. 2004. Indicadores de sustentabilidade: um levantamento dos principais sistemas de avaliação. *Cadernos EBAPE.BR*, 2(1), 1-14.
- Brown, A.; Matlock, M. D. 2011. *A review of water scarcity indices and methodologies*. White Paper No. 106, The Sustainability Consortium.
- Castro, C.O.; Loureiro, O.C.S. 2016. *Diagnóstico de sustentabilidade hídrica para as bacias do Alto Iguaçu e afluentes do Alto Ribeira*. Trab. de Conclusão de Curso (Eng. Civil), Universidade Positivo.
- Catano, N.; Marchand, M.; Staley, S.; Wang, Y. 2009. *Development and validation of the Watershed Sustainability Index (WSI) for the watershed of the Reventazón river*. Tech. Rep, COMCURE.
- Chandniha, S. K.; Kansal, M. L.; Anvesh, G. 2014. Watershed Sustainability Index assessment of a watershed in Chhattisgarh, India. *Current World Environment*, 9(2), 403-411.
- Chaves, H. M. L.; Alipaz, S. 2007. An integrated indicator based on basin Hydrology, Environment, Life, and Policy: the Watershed Sustainability Index. *Water Resources Management*, 21, 883-895.
- Cortés, A. E.; Oyarzún, R.; Kretschmer, N.; Chaves, H.; Soto, G.; Soto, M.; Amézaga, J.; Oyarzún, J.; Rötting T.; Señoret, M.; Maturana, H. 2012. Application of the Watershed Sustainability Index to the Elqui river basin, North-Central Chile. *Obras y Proyectos*, 12, 57-69.
- Formigoni, Y.; Brites, A. P.; Fernandes, C.; Porto, M. 2011. Análise crítica da curva de permanência de qualidade da água com base de dados histórico. *XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*.
- Guimarães S, R. P.; Feichas, S. A. Q. 2009. Desafios na construção de indicadores de sustentabilidade. *Ambiente & Sociedade*, 12(2), 307-323.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 2000. *Censo Demográfico 2000*.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 2010. *Censo Demográfico 2010*.
- Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social (IPARDES). 2013. *Indicadores de desenvolvimento sustentável por bacias hidrográficas do Estado do Paraná*.
- Jiménez, M. P.; Aparicio, J.; Reyes, A. G.; Toledo, J. A. H. 2013. Aplicación del índice de sustentabilidade WSI en la cuenca Lerma-Chapala. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 4(4), 93-113.
- Meadows, D. 1998. *Indicators and information systems for sustainable development – a report to the Balaton Group*. The Sustainability Institute.
- Ni, X.; Wu, Y.; Wu, J.; Lu, J.; WILSON, P. C. 2012. Scenario analysis for sustainable development of Chongming Island: water resources sustainability. *Science of the Total Environment*, 439, 129–135.
- Siche, R.; Agostinho, F.; Ortega, E.; Romeiro, A. 2007. Índices versus indicadores: precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. *Ambiente & Sociedade*, 10(2), 137-148.
- Silva, J. 2016. *Avaliação integrada de sustentabilidade hídrica em bacias hidrográficas urbanas*. Tese (Doutorado em Gestão Ambiental). Programa de Pós Graduação em Gestão Ambiental. Universidade Positivo. Curitiba (in preparation).
- SOS Mata Atlântica. 2011. *Atlas dos remanescentes florestais da mata atlântica no período 2008-2010*.
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation (UNESCO). 2001. *The design and implementation strategy of the HELP initiative*. IHP-V, Technical Documents in Hydrology, No. 44.
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation (UNESCO). 2008. *Evaluación objetiva de la aplicación y cálculo del Índice de Sostenibilidad de Cuenca en la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá*. Documentos Técnicos del PHI-LAC, No. 12.



Estrategias de diseño pasivo con luz día en cuartos de hospitalización doble

Lina J. Zapata-González

Magister in sustainable habitat and energy efficiency; Faculty of architecture, construction and design; University of the Bío-Bío; Concepción, Chile.

zglina@hotmail.com

M. Beatriz Piderit-Moreno

Magister in sustainable habitat and energy efficiency; Faculty of architecture, construction and design; University of the Bío-Bío; Concepción, Chile.

mpiderit@ubiobio.cl

ABSTRACT: Shared hospitalization rooms (DHR) demand high levels of natural lighting and a proper visual comfort since daylight provides benefits to the health of a patient. The aim of this study is to establish guidelines for the use of passive design strategies (PDS) with daylight in (DHR), in a cold, semi-humid climate. The first stage defined the factors that have certain influence in the patients' visual comfort, the recommended levels for these factors, and its evaluation metrics. An explanatory methodology was applied on the second stage through a case study, in which simulation tools were used as instruments to assess the DHR involved in it. The third stage consisted on proposing (PDS) to the study case, which then were evaluated through simulation tools. Radiance software was used as algorithm engine, and programs as Daysim, Evalglare, and Ecotect were applied for data visualization. Through the creation of the integration diagram for lighting performance indicators for HOSPITALS, four PDS proximate to the expected optimal outcomes were found. Being the intermediate horizontal ledges with an internal penetration length of 0.80m, an external penetration of 0.80m, and 0.40m for the floor-screed clearance height of 2.40m and 2.7m, the ones that presented a better performance as strategies of daylight catchment and preventing glare. The conclusion corresponding to this study is that due the varied weather conditions and the unidirectional lighting of the space, the design of the façade must consider the window's dimension and position, and the strategies for light catchment consistent with the place.

Keywords *daylight, visual comfort, hospitals*

1. INTRODUCCIÓN

Los cuartos de hospitalización son una unidad de análisis compleja, en ellos, la iluminación natural interviene en las condiciones de confort de los pacientes y en la disminución del consumo energético. Así, los hospitales deben considerar como factor clave de diseño la luz natural, en donde la ventana permita que penetre tanto como sea posible (Salonen et al., 2013a). La luz del día mejora el sueño, reduce el estrés, alivia el dolor, aumenta la sensación de libertad y la visión de las personas de edad (Salonen et al., 2013b). Y se ha demostrado su capacidad para aumentar el suministro de vitamina D en el cuerpo (Mead, 2008). En estudios realizados directamente en salas de hospitalización, los investigadores Shepley, Gerbi, Watson, & Imgrund (2009) sugieren que las ventanas pueden reducir los síntomas de psicosis en la Unidad de Cuidados Intensivos, y se encontró que los pacientes con una vista panorámica de la ventana hacia la naturaleza fueron más satisfechos que los que tienen una vista bloqueada (Raanaas, Patil, & Hartig, 2012). En el 2012 se verificó que la duración de estancia del paciente se reduce en 7.3 horas por cada 100 lx de aumento de la iluminancia de la luz natural, mientras se mantengan constantes algunas variables explicativas, como la presión arterial media, la frecuencia cardíaca y la diabetes mellitus (Joarder & Price, 2012).

La revisión de la literatura demuestra los beneficios de la luz natural, sin embargo, existe un número limitado de publicaciones centradas en el confort visual de los pacientes y la relación entre el diseño de los cuartos y la ventana asociada. El objetivo de este estudio fue establecer lineamientos para el uso de estrategias de diseño pasivo lumínicas (EDP) en cuartos de hospitalización doble (CHD), ubicados en un clima frío semihúmedo. La investigación tuvo como estudio de caso el Hospital de Caldas S.E.S. ubicado en Manizales - Colombia. El área de hospitalización tiene cinco pisos, 3ro y 4to de ocupación doble y 5to de ocupación individual. Por la amplitud del estudio se seleccionaron los CHD más representativos, localizados en el 4to piso y en la zona media de la planta, ya que no existe diferencia entre un 8vo y 16vo piso y sí existe diferencia entre las habitaciones ubicadas en los extremos de la planta (Choi, 2005). Se eligieron cuatro CHD - Figura 1, 404 y 421 con riostra y 410 y 415 sin riostra.

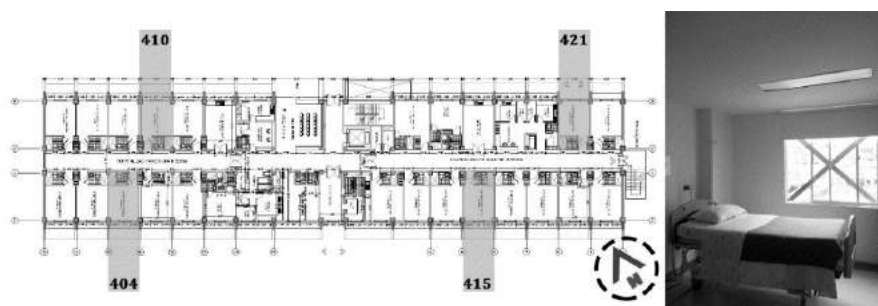


Figura 1. Planta 4to piso. Hospital Departamental de Caldas. Cuarto de hospitalización 421.

Manizales se caracteriza por ser de clima bimodal, cada año tiene dos temporadas secas que parten desde los solsticios y dos húmedas a partir de los equinoccios (Duque Escobar, 2014). Tiene un promedio de 222 días con lluvias, una temperatura promedio de 17°C, un total de 1530mm de precipitación anual, una humedad relativa del 84% y un promedio de brillo solar de cuatro horas al día. La clasificación climática se realizó con la metodología de Caldas - Lang por ser de uso común en el país (República de Colombia. Ministerio de Ambiente & Instituto de Hidrología, 2005) p. 78.

2. METODOLOGÍA

2.1 Parámetros lumínicos de evaluación

La primera etapa definió los parámetros que influyen en el confort visual de los pacientes, los niveles recomendados y su métrica de evaluación (Choi, Beltran, & Kim, 2012) (Piderit & Besser, 2013). Estas se dividen en dos grupos – Tabla 1.

Tabla 1. Parámetros lumínicos de evaluación en CHD

MEDIO AMBIENTE LUMÍNICO		EFICIENCIA ENERGÉTICA
ILUMINANCIA	Factor de luz día (DF)	Autonomía de la luz día (DA) Demanda energética por iluminación (DE)
	Nivel de iluminancia (E)	
	Superficie “en rango de iluminancias” (UDI)	
	Distribución de iluminancias: El factor de uniformidad máxima o extrema (Umáx) El factor de uniformidad media (Umed)	
LUMINANCIA	Distribución de luminancias: Luminancia en la pared de fondo del televisor (L_TV) Probabilidad de deslumbramiento por luz día (DGP)	

Los parámetros lumínicos estudiados que inciden sobre el confort visual de los pacientes son la iluminancia y la luminancia. La iluminancia (E) que mide la cantidad de luz que llega sobre una superficie de trabajo, tiene importancia en los CHD porque garantiza los niveles mínimos para que los pacientes reciban la luz del día y accedan a los beneficios para la salud y el bienestar de ésta. La luminancia (L) que mide la cantidad de luz reflejada hacia los ojos del observador, es importante en los CHD porque garantiza un buen contraste entre los objetos de la tarea y el fondo. La autonomía de la luz día y la demanda energética por iluminación son los parámetros lumínicos que inciden sobre la eficiencia energética del edificio, considerando el potencial de ahorro energético por el aprovechamiento de la luz natural y el desuso de la luz artificial en el día.

Se utilizó como métrica de evaluación y como herramienta metodológica de síntesis, la integración de indicadores de desempeño lumínico en un tablero para evaluaciones de iluminación natural (Piderit & Besser, 2013). En el tablero propuesto por Piderit y Besser se integran seis indicadores con su escala de valor numérica y se pueden leer fácilmente a través del uso del color. En la Tabla 2, se muestran 5 de ellas, sabiendo que la escala de valor de la demanda energética se ajustó a las necesidades de la investigación:

Tabla 2. Integración de indicadores de desempeño lumínico en un tablero. Escala de valor - Color

Indicador	Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Excelente
DF	<2	>20	2-5	10-20	5-10
DA	<20	20-40	40-60	60-80	>80
UDI	<20	20-40	40-60	60-80	>80
Emed	<200	>5000	200-300	2000-5000	300-2000
Umed	<0.2	0.2-0.3	0.3-0.4	0.4-0.5	>0.5

Fuente: (Piderit & Besser, 2013)

Esta investigación evaluó además de las anteriores, el Umáx, la L_TV, la DGP para el paciente uno y dos y adaptó la escala de valor de la DE a las necesidades espaciales de los CHD, por lo cual, se vincularon las escalas de valor de la siguiente manera:

2.1.1. Factor de uniformidad máxima o extrema.

Sabiendo que El Umáx es el resultado de la iluminancia máxima sobre la iluminancia mínima de los valores obtenidos en el plano de trabajo analizado y no debe exceder una relación

5:1. Umáx = Emáx/Emin y que además no hay lineamientos específicos para los hospitales, se utilizaron en los cuartos de hospitalización valores recomendados para un plano de trabajo; estableciendo un relación <5 como valor óptimo y una relación cuatro veces su valor, es decir, mayor a >20 como el peor de los casos y se escala proporcionalmente entre el peor y el mejor de los casos.

Tabla 3. Factor de uniformidad máxima. Escala de valor - Color

>20	15 - 20	10 - 15	5 - 10	<5
-----	---------	---------	--------	----

2.1.2. Luminancia en la pared de fondo televisor.

Teniendo en cuenta que la relación de luminancias entre la luminancia mínima y máxima en la pared del fondo del televisor se estableció con una relación máxima de 40 a 1 referido a todo el campo de visión, se asumen los valores recomendados por Stein, B. and Reynolds, J.S. 2000. Mechanical and Electrical Equipment for Buildings, ninth edition. New York. John Wiley & Sons, Inc. Citados en (Choi, 2005) de 20 a 1 entre las luminarias y las superficies adyacentes a ellas como excelente, por la importancia de la pared del televisor en el campo visual del paciente, como buena la relación 40 a 1 por presentarse como relación máxima y finalmente se propone el doble del valor con una relación máxima de 80 a 1 como malo, escalando proporcionalmente entre el peor y el mejor de los casos.

Tabla 4. Relación de luminancias Pared TV. Escala de valor - Color

>80	60 - 80	40 - 60	20 - 40	<20
-----	---------	---------	---------	-----

2.1.3. Probabilidad de deslumbramiento por luz día

La probabilidad deslumbramiento por luz día propuesta por Wienold, tiene ya su escala de valor propia en términos humanos, calificando el deslumbramiento dentro del campo de visión como imperceptible <35%, perceptible entre el 35% -40%, perturbador entre el 40% -45%, e intolerable >45% citado en (Piderit, Bodart, & Norambuena, 2011) p. 778. Por lo cual, se asume esta calificación combinando las dos últimas casillas de la escala de valor con el color rojo.

Tabla 5. Probabilidad de deslumbramiento por luz día. Escala de valor - Color

>45	40 - 45	35 - 40	<35
-----	---------	---------	-----

Fuente: (Piderit et al., 2011)

2.1.4. Demanda energética

Es la demanda energética (DE) necesaria para suplir los requerimientos de iluminación al interior del espacio, en los casos en que la iluminación natural no alcance el objetivo mínimo de 300lux, y por lo tanto requiera iluminación artificial. La medida es el porcentaje de tiempo que se requiera iluminación artificial.

Se asumió un sistema de iluminación artificial adoptándose la propuesta de iluminación para un cuarto típico de hospitalización de 4.6 x 5.5 x 2.8m del (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) & Comité Español de Iluminación (CEI), 2001), éste logra un nivel de iluminación de 375lux y una potencia instalada de lámparas más equipo de 206w por habitación; correspondiente en este caso a 11.2w/m² ya que los CHD tienen un área de 18.4m². El periodo de ocupación de seis de la mañana a seis de la tarde da un total de 4380 horas anuales. La Tabla 6 muestra el cálculo de la DE anual teniendo en cuenta la potencia instalada, el periodo de ocupación y los metros cuadrados. Se utiliza la

escala de valor propuesta por (Piderit & Besser, 2013) Tabla 7, en donde un porcentaje menor al 20% es óptimo y representa una baja demanda de energía, contrario a un porcentaje del 80% que representaría una alta demanda de energía. La relación de escala Tabla 7, está determinada con base en la potencia instalada calculada en la Tabla 6.

Tabla 6. Demanda energética anual - kWh/m²año

CHD	w	Ocupación h/año	m ²	w/m ²	kWh/año	kWh/m ² año
404 - 410 - 415 - 421	206	4380	18.4	11.20	902.3	49.0

Tabla 7. Demanda energética. Escala de valor - kWh/m²año

>49	37.8 - 49	24.6 - 36.8	12.4 - 24.5	<12.3
-----	-----------	-------------	-------------	-------

2.2 Diagrama de integración de indicadores de desempeño lumínico para hospitales

Surge como resultado de combinar las escalas de valor propuestas por (Piderit & Besser, 2013) y vincular las escalas de valor en la relación de luminancias en la pared del televisor y el factor de uniformidad máxima o extrema y adaptar la escala de valor de la demanda energética.

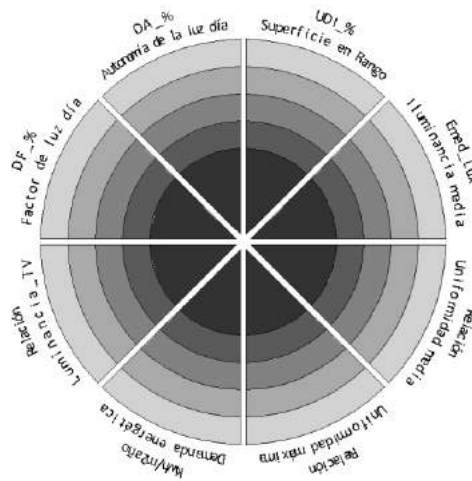


Figura 2. Diagrama de integración de indicadores de desempeño lumínico para HOSPITALES

A este diagrama, no se le vincula la probabilidad de deslumbramiento por luz día, teniendo en cuenta la importancia de evidenciar los resultados para cada paciente en los momentos representativos del año, sin embargo, se le acompaña de los resultados en la parte inferior para ayudar a la toma de decisiones.

2.3 Evaluación del estudio de caso.

La segunda etapa evaluó los CHD de estudio, a través de herramientas de simulación. Se utilizó como motor de cálculo el software Radiance, a través de los programas Daysim y Evalglare, así como Ecotect para visualización de datos, teniendo en cuenta las limitaciones del Ecotect en el cálculo de reflexiones, la consideración de los tipos de cielo y la evaluación del deslumbramiento. La ventaja principal de las métricas de rendimiento dinámico (como Radiance) en comparación con las métricas estáticas (como Ecotect) es que consideran la cantidad y el carácter de las variaciones diarias y estacionales de la luz del día para una obra determinada, junto con eventos meteorológicos irregulares (Reinhart, Mardaljevic, & Rogers, 2006).

2.2.1 Parámetros de simulación

Se identificaron dos tipos de cielo característicos en Manizales: cielo cubierto en los equinoccios por ser el inicio de las temporadas de lluvias y cielo intermedio en los solsticios por ser el inicio de las temporadas de sequías. Mediante análisis estático se evaluó la E y L_TV en marzo, junio y diciembre a las 9, 12 y 17 horas y el DGP en junio y diciembre a las 9, 12 y 17 horas por ser innecesario calcularlo para cielo cubierto. Mediante análisis dinámico se evaluó el DF, DA, UDI y DE, sabiendo que éste permite examinar resultados anuales de manera general y rápida. Para el análisis estático y dinámico se utilizaron los parámetros de simulación de la Tabla 8. En la simulación del DF, DA y UDI realizado a través de Daysim, no se asumió el horario de verano pues no aplica para la posición geográfica, la ocupación se calculó de lunes a viernes desde las 6 hasta las 18 horas sin tiempo de descanso, con una ocupación anual de 3132 horas y una E mínima requerida de 300lux, sin instalación dinámica de sombreado.

Tabla 8. Parámetros Radiance - Daysim

Ambient bounces	Ambient divisions	Ambient super-samples	Ambient resolution	Ambient accuracy	Limit reflection	Direct jitter
5	1000	20	300	0.1	6	0

Fuente: (Tagliabue, Buzzetti, & Arosio, 2012)

Para determinar las dimensiones de las grillas de análisis y su ubicación, se estudiaron los ángulos visuales típicos de los pacientes en los CHD. La iluminancia se midió sobre un plano de trabajo horizontal, mediante una grilla de 4.20m de largo por 3.50m de ancho con 113 sensores cada 0.35m, a una distancia de 1.1m por ser la altura típica de una cama médica - Figura 3. La L_TV se midió sobre una grilla vertical de 4.20m de largo por 1.75m de alto sobre la pared del fondo del televisor con 78 sensores cada 0.35m; y el DGP se midió con el ángulo de visión del paciente 1 y 2 al televisor- Figura 4.

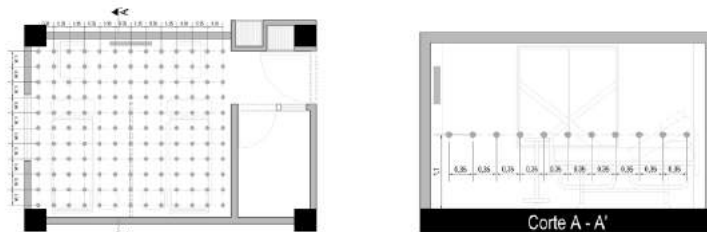


Figura 3. Grilla de análisis. Iluminancia. Planta y Corte A - A'

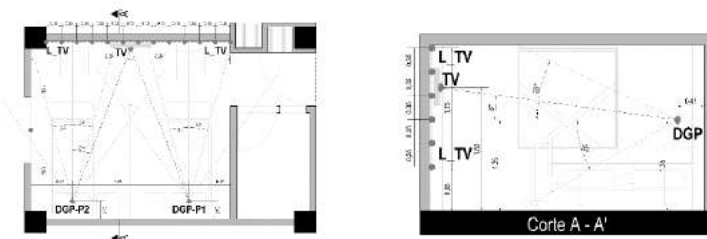


Figura 4. Grilla de análisis. L_TV y DGP P1 - P2. Planta y Corte A - A'

Se incluyó el mobiliario en las simulaciones y se midió el factor de reflexión de las superficies, ya que los valores de luz previstos en los espacios arquitectónicos antes y después de la ocupación, presentan cambios significativos en la Emed y el DF (Alzoubi, 2010). Las mediciones se realizaron según la norma oficial mexicana NOM-025-STPS- 2008 (Estados Unidos Mexicanos & Secretaría del Trabajo y Previsión Social, 2008).

2.4 Estrategias de diseño pasivo propuestas.

La tercera etapa consistió en proponer EDP al caso de estudio, evaluándolas a través de herramientas de simulación. Se tomó como referencia la guía de diseño energético avanzado para grandes hospitales (ASHRAE (2012)). En respuesta, se plantearon EDP sobre la fachada en relación a la dimensión y materialidad de la ventana:

2.3.1 Dimensión.

Conocido que el problema de los CHD fue el bajo nivel de iluminancia, se propuso: 1) Extender la ventana hasta la pared del televisor con la misma altura, buscando ampliar el campo visual al exterior y aumentar la captación de la luz día. 2) Extender la ventana de pared a pared con la misma altura, buscando ampliar el campo visual al exterior, aumentar la captación de luz día y mejorar la uniformidad de la iluminancia. 3) Extender la ventana de pared a pared y hasta el techo con una altura libre de 2.70m, buscando ampliar el campo visual al exterior, aumentar la captación de la luz día y mejorar la uniformidad.

Las EDP aplicadas en los CHD - Tabla 9 - fueron divididas en tres grupos, estas parten de la modificación de la dimensión de la ventana y se nombraron como: 1_dimensión, 2_dimensión y 3_dimensión; a cada una de estas estrategias se les implementó una repisa horizontal externa e intermedia con diferentes dimensiones. La estrategia de diseño pasivo tres, que aumenta la altura libre de la habitación se propuso con el ánimo de generar conocimiento para futuros hospitales. También se estudiaron las EDP 1_Dimensión, 2_Dimensión y 3_Dimensión en el CHD 415, cambiando la orientación de 27° que tiene el caso de estudio hasta 0°, en busca de identificar el impacto de la orientación de la fachada en el desempeño lumínico de los CHD.

Tabla 9. Estrategias de diseño pasivo aplicadas al diseño de la ventana

EDP	Dimensión de la ventana	Repisa horizontal (RH)	Dimensión de la RH	Ubicación de la RH
1_Dimensión	1.50x2.60m	No aplica	No aplica	No aplica
1_Repisa horizontal externa	1.50x2.60m	Externa	0.80x3.00m	Externa 0.80m
1_Repisa horizontal intermedia 1	1.50x2.60m	Intermedia	1.20x3.00m	Ext. 0.80m – In. 0.40m
1_Repisa horizontal intermedia 2	1.50x2.60m	Intermedia	1.60x3.00m	Ext. 0.80m – In. 0.80m
2_Dimensión	1.50x3.70m	No aplica	No aplica	No aplica
2_Repisa horizontal externa	1.50x3.70m	Externa	0.80x4.00m	Ext. 0.80m
2_Repisa horizontal intermedia 1	1.50x3.70m	Intermedia	1.20x4.00m	Ext. 0.80m – In. 0.40m
2_Repisa horizontal intermedia 2	1.50x3.70m	Intermedia	1.60x4.00m	Ext. 0.80m – In. 0.80m
2_Repisa horizontal intermedia 3	1.50x3.70m	Intermedia	0.80x4.00m	Ext. 0.40m – In. 0.40m
2_Repisa horizontal intermedia 4	1.50x3.70m	Intermedia	1.20x4.00m	Ext. 0.40m – In. 0.80m
3_Dimensión	1.80x3.70m	No aplica	No aplica	No aplica
3_Repisa horizontal externa	1.80x3.70m	Externa	0.80x4.00m	Ext. 0.80m
3_Repisa horizontal intermedia 1	1.80x3.70m	Intermedia	1.20x4.00m	Ext. 0.80m – In. 0.40m
3_Repisa horizontal intermedia 2	1.80x3.70m	Intermedia	1.60x4.00m	Ext. 0.80m – In. 0.80m
3_Repisa horizontal intermedia 3	1.80x3.70m	Intermedia	0.80x4.00m	Ext. 0.40m – In. 0.40m
3_Repisa horizontal intermedia 4	1.80x3.70m	Intermedia	1.20x4.00m	Ext. 0.40m – In. 0.80m
1_Dimensión girada 27°	1.50x2.60m	No aplica	No aplica	No aplica
2_Dimensión girada 27°	1.50x3.70m	No aplica	No aplica	No aplica
3_Dimensión girada 27°	1.80x3.70m	No aplica	No aplica	No aplica

2.3.2 Materialidad

La reflectancia de las superficies se aumentó del 0.77 al 0.80, suponiendo un mejor mantenimiento de las paredes.

3. RESULTADOS

3.1 Resultado análisis lumínico estudio de caso.

El análisis lumínico de los cuatro CHD mostraron un nivel intermedio aceptable en el DF; excelentes niveles de Emed anual, sin embargo, sólo se alcanzan los niveles mínimos en el 58% del año y el análisis gráfico evidenció incumplimiento de la Emed para el paciente 1 en todo el año; incumplimiento del factor de Umed y Umáx; una DA buena para el paciente dos y regular para el paciente uno; excelentes contrastes en la L_TV, e inexistencia DGP - Figura 5. En conclusión se evidenció la necesidad de presentar estrategias de diseño pasivo para mejorar la captación de la iluminación natural y la distribución de iluminancias, tratando de disminuir la brecha en las condiciones del confort visual entre el paciente uno y dos. Además, se encontraron resultados similares en los CHD 404 y 415 por su ubicación suroccidental y en los CHD 410 y 421 por su ubicación nororiental, por consiguiente, se eligieron los CHD 410 y 415 para evaluar las EDP. Este análisis también esclareció que hay poca diferencia en el comportamiento de las variables analizadas para el confort lumínico entre las habitaciones con riostra y las habitaciones sin riostra.

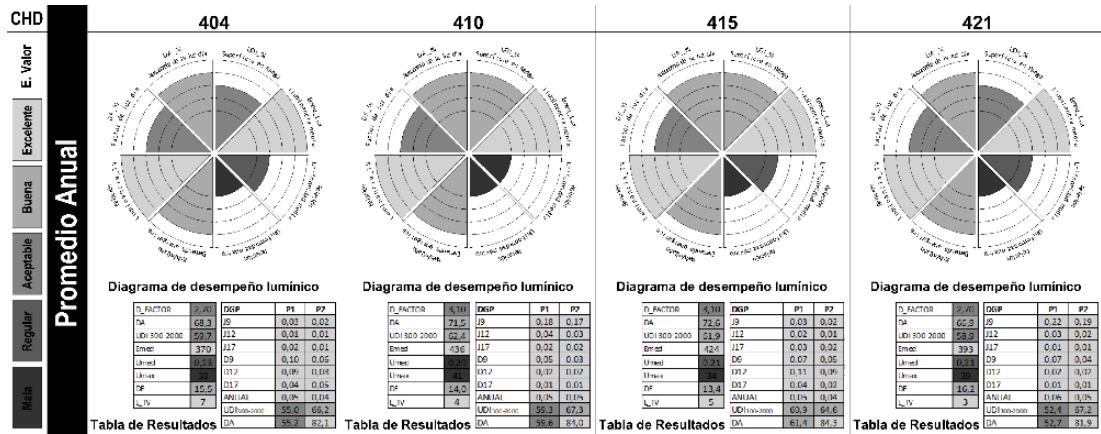


Figura 5. Comparación gráfica CHD estudio de caso. Escala de valor

3.2 Resultado análisis lumínico estrategias de diseño pasivo propuestas.

La Tabla 10, evidencia similitud de desempeño en todas las EDP y una tendencia de mejoramiento en los resultados, si se compara el diagnóstico base con cada una de las EDP, se nota que los valores se van ajustando a los óptimos esperados, hasta estabilizarse en las EDP_3 y sus versiones, exceptuando el UDI 300-2000.

Tabla 10. Resultados de análisis lumínico. Escala de Valor - Color

EDP	CHD 410														CHD 415																						
	BASE	1.0	1_RHE	1_RHE1	1_RHE2	2.0	2_RHE	2_RHE1	2_RHE2	2_RHE3	3.0	3_RHE	3_RHE1	3_RHE2	3_RHE3	ANHA	BASE	1.0	1_RHE	1_RHE1	1_RHE2	2.0	2_RHE	2_RHE1	2_RHE2	2_RHE3	3.0	3_RHE	3_RHE1	3_RHE2	3_RHE3	ANHA	1.0g	2.0g	3.0g		
D_FACTOR	3.1	5.8	4.2	3.4	3.1	8.2	5.9	4.7	4.3	5.5	5.1	9.7	7.6	6.0	5.2	6.8	6.0	3.1	5.8	4.2	3.4	3.1	8.2	5.9	4.7	4.2	5.6	5.1	9.6	7.5	6.0	5.2	6.8	6.0	5.8	8.2	9.6
DA	71.5	85.7	83.3	80.7	78.8	90.1	88.2	86.3	84.9	87.3	86.1	92.3	91.3	90.1	88.7	89.4	72.6	86.3	83.9	81.5	79.7	90.7	88.8	87.0	85.4	88.0	86.8	92.7	91.8	90.7	89.3	91.2	90.1	85.7	90.5	92.6	
UDI 300-2000	62.4	63.2	63.9	65.5	66.0	53.5	56.1	59.8	62.0	58.5	60.6	46.8	48.3	52.6	57.4	51.9	56.6	61.9	60.2	61.8	64.4	65.3	51.7	54.7	58.7	61.1	57.2	59.4	45.0	46.4	50.5	55.3	49.8	54.3	62.1	53.7	46.8
Emed	436	821	560	467	412	1174	794	651	580	782	543	1387	1039	842	708	976	836	436	805	596	472	436	1130	831	664	597	757	696	1312	1040	827	722	906	809	871	1226	1434
Umed	0.20	0.22	0.27	0.30	0.30	0.23	0.27	0.29	0.31	0.29	0.28	0.26	0.32	0.34	0.37	0.32	0.34	0.20	0.23	0.28	0.32	0.30	0.24	0.27	0.31	0.34	0.29	0.28	0.27	0.30	0.35	0.37	0.35	0.36	0.23	0.26	0.28
Umáx	41	24	15	14	15	13	11	11	11	12	12	7	7	7	9	9	41	20	15	12	13	15	12	9	9	11	12	12	9	6	7	7	8	22	15	13	
DE	13.9	7.0	8.2	9.4	10.4	4.8	5.8	6.7	7.4	6.2	6.8	3.8	4.3	4.8	5.5	4.6	5.2	13.4	6.7	7.9	9.1	9.9	4.5	5.5	6.4	7.1	5.9	6.5	3.6	4.0	4.6	5.2	4.3	4.9	7.0	4.7	3.6
L_TV	4					7	6	9	9	9	9	5	6	8	9	7	8	5	9	9	11	13	7	6	8	9	7	8	5	5	7	8	6	7	9	7	6

3.2.1 Análisis gráfico comparativo de las estrategias de diseño pasivo

El análisis comparativo de las EDP mediante la herramienta metodológica integración de indicadores de desempeño lumínico en un tablero para evaluaciones de iluminación natural en hospitales, permitió seleccionar los mejores resultados de los CHD 410 y 415. En la

Figura 6, se observan las cuatro mejores EDP propuestas. Estas se seleccionaron del CHD 415 por la igualdad en los resultados anuales de desempeño lumínico para el CHD 410 y 415, siendo la única diferencia el DGP en el CHD 415.

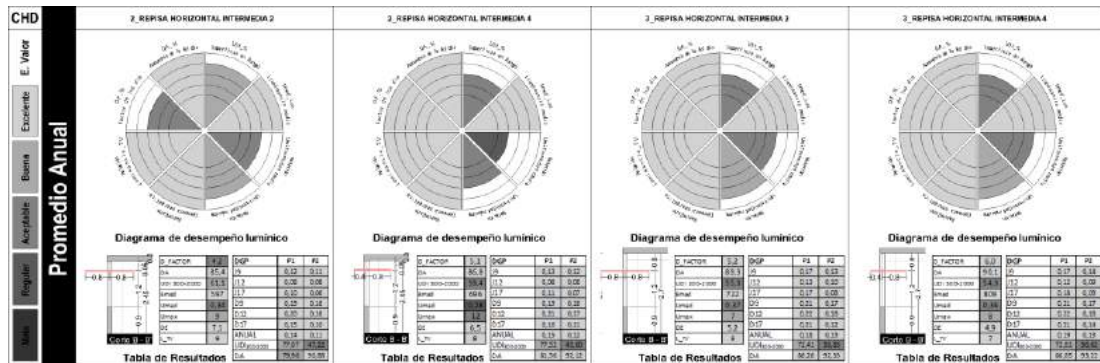


Figura 6. Comparación EDP con mejores resultados en la escala de valor

El análisis comparativo evidenció: La EDP 2_REPISA HORIZONTAL INTERMEDIA 2 en comparación con la EDP 2_REPISA HORIZONTAL INTERMEDIA 4, presentan mayor Umed y Umáx, mayor porcentaje UDI, pero también menor DF y mayor costo por la dimensión de la repisa, mientras que la EDP 2_RHI 4 tiene menor costo por la dimensión de la repisa. Una revisión a profundidad de la Emed, el Umed y el Umáx en las épocas de análisis establece que la EDP 2_RHI 2, tiene mejor comportamiento en estos valores. La EDP 3_REPISA HORIZONTAL INTERMEDIA 2 en comparación con la EDP 3_REPISA HORIZONTAL INTERMEDIA 4, presenta igualdad de desempeño lumínico en los promedios anuales, por lo cual, en primera instancia se podría decir que el factor diferencial está en el costo de la repisa por su dimensión. Sin embargo, una revisión a profundidad de la Emed, el Umed y el Umáx establece que la EDP 3_RHI 4, tiene mejor comportamiento en estos valores. La EDP 2_REPISA HORIZONTAL INTERMEDIA 2 en comparación con la EDP 3_REPISA HORIZONTAL INTERMEDIA 4, presenta mayor UDI, mientras que la EDP 3_RHI 4 presenta mayor DF, con una UDI regular para el paciente dos. Aunque la EDP 3_RHI 4 presenta menor costo de la repisa por su dimensión, tiene mayor costo por el área de la ventana y la superficie construida.

4. CONCLUSIONES

Se encontró recomendable utilizar el diagrama de integración de indicadores de desempeño lumínico para HOSPITALES como herramienta para sintetizar la diversidad de resultados. Con ello, se logró identificar cuatro estrategias que se acercan a los resultados óptimos esperados. De las 19 estrategias de diseño pasivo aplicadas al diseño de la fachada y la ventana se pudo identificar que las repisas horizontales intermedias con una longitud de penetración en el local de 0.80m y externa de 0.80m y 0.40m para alturas libres de entrepiso de 2.40m y 2.70m respectivamente, tuvieron mejor desempeño como estrategias de captación de la luz día y prevención del deslumbramiento; aunque el UDI, el Umed y Umáx estuvieron en un rango bueno - aceptable sin llegar nunca a un nivel excelente, demostrando que con una iluminación unidireccional es difícil alcanzar los mínimos recomendados. Además, se encontró que no es necesario estudiar la fachada norte y sur de manera independiente en una latitud tan cercana a la línea del ecuador (5°N), ya que se obtuvo el

mismo desempeño lumínico anual para el DF, DA, UDI, Emed, Umed y Umáx, DE y L_TV en los CHD 410 y 415; aun así, se recomienda estudiar el DGP de forma independiente, pues se evidenciaron resultados diferentes para los pacientes uno y dos. Junto a esto encontró que un giro de 27° grados en la orientación de la fachada de los CHD, no presenta cambios significativos en el desempeño lumínico en comparación al mismo CHD orientado en un ángulo de 0°.

REFERENCIAS

- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), & Comité Español de Iluminación (CEI). (2001). *Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación. Hospitales y Centros de Atención Primaria*. Madrid: Publicaciones Técnica IDAE.
- República de Colombia. Ministerio de Ambiente, V. y. D. T., & Instituto de Hidrología, M. y. E. A. I. (2005). *Atlas Climatológico de Colombia: IMPRENTA NACIONAL DE COLOMBIA*.
- Alzoubi, H. A.-R., Sana'a; BATAINEH, Rula F. (2010). Pre-versus post-occupancy evaluation of daylight quality in hospitals. *Building and Environment*, 45(12), 2652-2665.
- ASHRAE. (2012). *Advanced Energy Design Guide for Large Hospitals (The American Institute of Architects, Illuminating Engineering Society of North America & U.S. Green Building Council and U.S. Department of Energy Eds.)*. Atlanta: ASHRAE.
- Choi, J.-H., Beltran, L. O., & Kim, H.-S. (2012). Impacts of indoor daylight environments on patient average length of stay (ALOS) in a healthcare facility. *Building and Environment*, 50, 65-75.
- Joarder, A., & Price, A. D. (2012). Impact of daylight illumination on reducing patient length of stay in hospitals after coronary artery bypass graft surgery. *Lighting Research and Technology*, 1477153512455940.
- Mead, M. N. (2008). Benefits of sunlight: a bright spot for human health. *Environmental health perspectives*, 116(4), A160.
- Raanaas, R. K., Patil, G. G., & Hartig, T. (2012). Health benefits of a view of nature through the window: a quasi-experimental study of patients in a residential rehabilitation center. *Clinical rehabilitation*, 26(1), 21-32.
- Reinhart, C. F., Mardaljevic, J., & Rogers, Z. (2006). Dynamic Daylight Performance Metrics for Sustainable Building Design. *Leukos*, 3(1), 7-31.
- Salonen, H., Lahtinen, M., Lappalainen, S., Nevala, N., Knibbs, L. D., Morawska, L., & Reijula, K. (2013a). Design approaches for promoting beneficial indoor environments in healthcare facilities: a review. *Intelligent Buildings International*, 5(1), 26-50.
- Salonen, H., Lahtinen, M., Lappalainen, S., Nevala, N., Knibbs, L. D., Morawska, L., & Reijula, K. (2013b). Physical characteristics of the indoor environment that affect health and wellbeing in healthcare facilities: a review. *Intelligent Buildings International*, 5(1), 3-25.
- Tagliabue, L. C., Buzzetti, M., & Arosio, B. (2012). Energy Saving Through the Sun: Analysis of Visual Comfort and Energy Consumption in Office Space. *Energy Procedia*, 30, 693-703.
- Piderit, B., & Besser, D. (2013). INTEGRATION OF LIGHTING PERFORMANCE INDICATORS INTO A DASHBOARD FOR DAYLIGHTING ASSESSMENTS. Paper presented at the 13th Conference of International Building Performance Simulation Association, Chambéry, France, August 26-28.
- Piderit, B., Bodart, M., & Norambuena, T. (2011). A Method for integrating visual comfort criteria in daylighting design of school. Paper presented at the Architecture and Sustainable Development, Proceedings of PLEA, Louvain-la-Neuve. Bélgica.
- Choi, J.-H. (2005). *STUDY OF THE RELATIONSHIP BETWEEN INDOOR DAYLIGHT ENVIRONMENTS AND PATIENT AVERAGE LENGTH OF STAY (ALOS) IN HEALTHCARE FACILITIES* Tesis para acceder al título de: Master of Science. Texas, Estados Unidos de Norte América: Texas A&M University.
- Duque Escobar, G. (2014, Junio 9). Acecha El Niño fortalecido por el calentamiento global - See more at: <http://www.lapatria.com/columnas/32/acecha-el-nino-fortalecido-por-el-calentamiento-global>. LA PATRIA, 1-1.
- Estados Unidos Mexicanos, & Secretaría del Trabajo y Previsión Social. (2008). *NORMA Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.* Retrieved from <http://www.uco.mx/content/cms/13/file/NOM/Nom-025.pdf>.



Indicadores de Sustentabilidade em Balneários Suburbanos no Estado do Espírito Santo

Márcia Bissoli-Dalvi

Federal University of Espírito Santo, Planning and Project Laboratory, Vitória (ES), Brazil
marciabissoli@gmail.com

Carolina Castilho Vizeu

Federal University of Espírito Santo, Planning and Project Laboratory, Vitória (ES), Brazil
carolina.vizeu@gmail.com

Caroline Proscholdt Zamboni

Federal University of Espírito Santo, Planning and Project Laboratory, Vitória (ES), Brazil
carolinezamboni@hotmail.com

Renata de Castro Vieira

Federal University of Espírito Santo, Planning and Project Laboratory, Vitória (ES), Brazil
reevieira94@gmail.com

Cristina Engel de Alvarez

Federal University of Espírito Santo, Planning and Project Laboratory, Vitória (ES), Brazil
cristina.engel@ufes.br

RESUMO: O turismo e a migração de moradores têm crescido nos balneários brasileiros. Estes se dividem em várias tipologias, contudo no Estado do Espírito Santo se caracterizam em Urbana, Suburbana e de Plano. Para esta pesquisa será abordada apenas a Suburbana, por agregar atividades de cultura e lazer, somados aos recursos naturais disponíveis e à localização próxima aos centros urbanos, o que proporciona movimentação e renda para a população local. Essa migração vem densificando os balneários e provocando mudanças sem o devido investimento em infraestrutura e no controle para preservar os recursos potenciais locais, o que vem gerando problemas para estas regiões e, conseqüentemente, para o meio ambiente. Esses locais necessitam de ações vinculadas às políticas públicas direcionadas especificamente à sustentabilidade, visando o equilíbrio entre o ambiente construído e o natural, sem abrir mão do desenvolvimento econômico e social. Este trabalho teve por objetivo propor indicadores de sustentabilidade para os balneários Suburbanos, afim de que contribuam para integrar o turismo e seus atrativos com os recursos naturais disponíveis, além de incentivar e valorizar a cultura e as tradições locais. Para tanto, foi utilizado como método referencial as informações contidas nas principais ferramentas de avaliação da sustentabilidade – LEED, SBTOOL, BREEAM, CASBEE, GREENSTAR, AQUA e ASUS – sendo complementadas com o estudo das especificidades locais. Os resultados demonstraram a viabilidade de impulsionar a sustentabilidade em balneários, sendo proposta uma relação de indicadores para este suporte.

Keywords balneários, turismo, indicadores, sustentabilidade

1. INTRODUÇÃO

Regiões turísticas como balneários tem se tornado atrativos por reunir cultura, lazer e tranquilidade em meio aos recursos naturais, estando localizados nos centros urbanos, próximos, ou eventualmente distantes dos mesmos. Esses locais possuem peculiaridades próprias e se situam em regiões à beira-mar destinadas à recreação, onde, além dos moradores, recebem turistas em um determinado período do ano, normalmente durante o verão e, dependendo do porte do balneário, há ainda o predomínio de segundas residências (Projeto..., 2006). Contudo, esses atrativos vêm densificando os balneários, provocando mudanças sem o devido planejamento e investimento em infraestrutura e no controle para preservar os bens naturais disponíveis, a cultura e o turismo locais.

Neste contexto de busca pela conscientização do uso dos recursos naturais e da preservação das particularidades de determinados locais, como por exemplo, os aspectos culturais e turísticos, o setor da construção civil tem se deparado com novas exigências do mercado, que estão atreladas aos pressupostos da denominada sustentabilidade. Esta tem sido avaliada, corriqueiramente, com o auxílio de ferramentas de avaliação de sustentabilidade, estruturadas principalmente por indicadores.

1.1 Caracterização dos balneários suburbanos

De acordo com Moraes (2007), os balneários se subdividem em várias tipologias e, no Estado do Espírito Santo se classificam em três – Urbano, Suburbano e de Plano – que são caracterizados pelas diferenças ou semelhanças, bem como pelo tipo de uso, pelas atividades empreendidas, e por sua localização. Os Balneários Urbanos se caracterizam por estarem inseridos nas zonas urbanas, normalmente nos centros metropolitanos e em regiões adensadas. Estes possuíam residências antigas que foram substituídas por edificações verticalizadas, tornando-se um balneário populoso e que recebe maiores investimentos em infraestrutura. Já os Balneários de Plano são regiões com poucas edificações e a população residente é quase inexistente, sendo frequentados apenas no verão, e, normalmente, recebem pouco investimento em infraestrutura. O Balneário Suburbano possui características semelhantes aos Balneários Urbano e de Plano, porém se diferenciam por possuírem movimentação constante durante o ano, com programações culturais que atraem turistas e moradores, apresentando um maior potencial construtivo.

Essa última tipologia é caracterizada por ser frequentada tanto por residentes como por turistas, que são atraídos pelo sossego e pela presença marcante de elementos da natureza. Petrosillo et al. (2006) enfatizam que este tipo de turismo é motivado pelas riquezas naturais existentes, pelas edificações históricas que fortalecem a cultura local e pela disponibilidade de recursos como a rica gastronomia dos frutos do mar. Todos estes atrativos promovem o balneário e ajudam no crescimento do número de turistas. Destacam-se ainda algumas manifestações artísticas e religiosas que são consideradas potenciais locais. São exemplos desses tipos de Balneários, Manguinhos (Fig. 1), Nova Almeida (Fig. 2), ambos no município de Serra (ES) e Barra do Jucu (Fig. 3), em Vila Velha (ES).



Figura 1: Tradições culturais no Festival Manguinhos Gourmet – Serra (ES)

Fonte: Manguinhos..., acesso 11 jan. 2016.



Figura 2: Igreja histórica de Reis Magos, em Nova Almeida – Serra (ES)

Fonte: Arrebola, acesso em 09 jan. 2016.



Figura 3: Congo na Barra do Jucu - Vila Velha (ES)

Fonte: Barra..., acesso 11 jan. 2016.

1.2 Escolha do método para triagem dos indicadores de sustentabilidade

A crescente preocupação com a sustentabilidade no setor da construção civil vem estimulando o desenvolvimento de ferramentas de avaliação com base neste princípio, afim de se estabelecerem parâmetros que induzam a uma prática cada vez mais responsável de seus usuários. Atualmente há um número considerável delas, visando inclusive, à certificação de edificações. Contudo, várias dessas ferramentas possuem origem estrangeira, tendo sido desenvolvidas para aplicação em realidades ambientais, sociais, econômicas e culturais diferentes da realidade brasileira (Oliveira, et al., 2011).

Essas ferramentas possuem indicadores semelhantes entre si, entretanto, cada uma se volta à sua realidade, na busca por promover a sustentabilidade local, quer seja para um melhor planejamento urbano ou para o empreendimento individualmente. No entanto, como o Brasil possui diversas regiões, com climas, povos e culturas diferentes, faz-se necessário a adoção de diferentes indicadores que levem em conta as especificidades locais. Como exemplo de especificidades, para alguns locais é desejável a promoção da reciclagem, o incentivo ao uso reduzido de carro, a utilização de energias renováveis, a reutilização das águas, o descarte correto do lixo, entre outros (Bissoli-Dalvi; Rembiski; Alvarez, 2011). Seguindo este pensamento, Rogers & Gumuchdjan (2001) destacam que a adoção de indicadores específicos no processo de projeto pode gerar economia de custo e melhorias qualitativas.

Considerando estas ações no qual os indicadores podem promover melhorias, por sua vez as ferramentas podem atuar como uma base conceitual que orienta a estruturação de estudos que visam impulsionar a sustentabilidade em diferentes aspectos. Diante da grande quantidade de indicadores de avaliação de sustentabilidade, Fernández-Sánchez & Rodríguez-López (2010) sugerem descartar indicadores não viáveis e selecionar informações que reflitam os aspectos mais relevantes de um determinado local, o método de classificação e a priorização.

Para a proposição de indicadores para o estudo da tipologia Suburbana, foram consideradas as necessidades da população atual e futura. Para tanto, foram usados como referencial os indicadores presentes em algumas ferramentas de avaliação de sustentabilidade, como por exemplo, AQUA (Fundação..., 2007), ASUS (Alvarez; Souza, 2011), e LEED (Leed, 2009).

2. OBJETIVO

Esta pesquisa teve por objetivo fazer um levantamento de indicadores em ferramentas de avaliação de sustentabilidade passíveis de serem utilizados em infraestrutura urbana e arquitetônica dos Balneários de tipologia Suburbana, utilizando como estudo de caso o Estado Espírito Santo.

3. METODOLOGIA

A metodologia da pesquisa percorreu quatro etapas e teve embasamento nos estudos realizados por Moraes (2007), que caracterizou os balneários do Estado do Espírito Santo em três tipologias diferentes: Urbano, Suburbano e de Plano. A Figura 4 resume as etapas da metodologia.

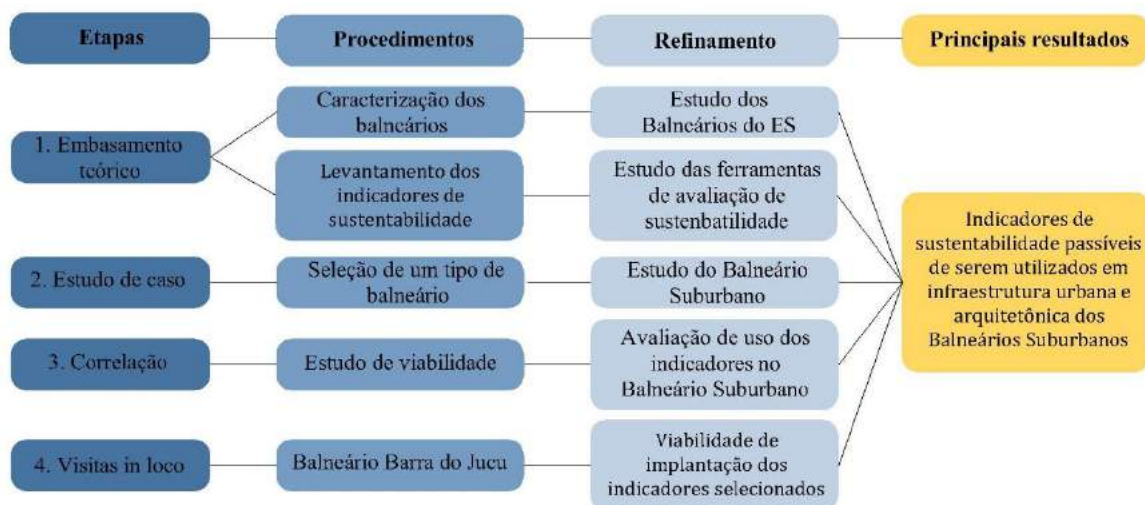


Figura 04: Esquema da metodologia

Após o levantamento dos balneários do Estado foram selecionados indicadores de sustentabilidade em ferramentas de avaliação de destaque como AQUA (Fundação..., 2007), ASUS (Alvarez; Souza, 2011), BREEAM (Breeam, 2009), CASBEE (Japan..., 2008), GREENSTAR (Green..., 2008), LEED (Leed, 2009) e SBtool (International... 2007). A partir daí foi feita uma correlação da viabilidade de uso dos indicadores elencados para o tipo de balneário selecionado como estudo de caso para esta pesquisa: os balneários Suburbanos do Espírito Santo. Para exemplificar, foram realizadas visitas no Balneário Suburbano da Barra do Jucu, em Vila Velha (ES), onde foi possível visualizar na prática alguns indicadores, sendo exemplos da aplicabilidade dos mesmos. Esta aproximação com a realidade objetivou promover o entendimento de alguns aspectos conceituais abordados.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

O estudo das ferramentas de avaliação de sustentabilidade possibilitou elencar uma ampla lista de indicadores baseada nos aspectos específicos dos balneários e, que são suscetíveis de serem utilizados em construções novas ou existentes, públicas ou privadas, áreas abertas ou fechadas. Após a análise pontual de cada indicador, foi verificado os que realmente são passíveis de serem adotados nos Balneários Suburbanos, que resultou em 10 categorias contendo 50 indicadores (quadro 1).

Quadro 1: Indicadores sustentáveis para Balneários Suburbanos

Categorias	Indicadores Sustentáveis
Sítio e Usos	Consideração para o contexto urbano e paisagístico; Percepção na escolha do local do empreendimento quanto à questão da vulnerabilidade a inundações; Reuso da estrutura existente quando esta estiver adequada; Empreendimentos com uso misto (comercial e residencial); Flexibilidade e adaptabilidade de usos; Espaços comerciais ou residenciais a preços acessíveis; e Acessibilidade para pessoas com mobilidade reduzida no entorno e no edifício.
Áreas públicas	Previsão de espaço público com qualidade ambiental; Qualidade dos espaços exteriores para os usuários; Previsão e qualidade de parques infantis; Previsão e qualidade de ciclovias; e Consideração e conservação de espaços públicos para pedestres.
Transporte	Acesso ao transporte público; Previsão de espaços para armazenamento de bicicletas; Previsão de espaços para vestiário dos ciclistas; e Utilização de transporte intermodal.
Iluminação	Utilização de iluminação natural; Utilização da luz solar como fonte de energia; Iluminação artificial confortável; Níveis de iluminância adequados ao uso preterido; e Previsão e qualidade de iluminação nas ruas.
Ventilação	Concepção arquitetônica que favoreça a ventilação natural; Adequabilidade da edificação em referência a ventilação nas diferentes temporadas do ano; Influência da edificação na ventilação do seu entorno; e Temperatura do ar adequado em ocupações atendidas por ventilação natural.
Água	Redução do uso de água proveniente da concessionária abastecedora; Inovações tecnológicas visando a diminuição no desperdício de água; Redução da poluição dos cursos d'água; Captação, armazenagem e tratamento das águas pluviais; Armazenagem e tratamento das águas cinzas; e Atenção com a não contaminação do lençol freático.
Materiais	Otimização no uso de materiais alternativos; Utilização de materiais regionais; Utilização de materiais de fácil desmonte; Utilização de materiais com pouca embalagem; Utilização de materiais reciclados; Utilização de materiais com alta durabilidade; e Utilização de materiais com impactos socioambientais limitados.
Resíduos	Previsão de recolhimento e triagem dos resíduos; Armazenamento e coleta seletiva; e Gerenciamento dos resíduos da obra: armazenagem e descarte.
Áreas Verdes	Utilização de plantas nativas ou adaptadas; Utilização de vegetação para fornecer melhor arejamento aos ambientes; Medidas eficientes de irrigação visando a diminuição do desperdício; Provisão de espaços verdes nos empreendimentos; e Medidas de proteção das características ecológicas da região.
Comunidade residente	Gestão da segurança local; Manutenção do patrimônio de uma edificação já existente; Contribuição do empreendimento para a formação da infraestrutura social local; e Retorno social do empreendimento.

Nota-se que a categoria “Sítio e Usos” chama a atenção, visto que o posicionamento da edificação é de grande relevância para que os outros indicadores possam ser inseridos nas demais categorias como iluminação, ventilação e água. Esta categoria também se relaciona com o meio de transporte, afinal o uso do transporte público, intermodal e bicicleta são fortes indicadores de sustentabilidade.

Como exemplo no Espírito Santo, no Balneário da Barra do Jucu, em Vila Velha (ES), foi possível identificar alguns elementos que exemplificam a viabilidade de implantação dos indicadores selecionados. Algumas vias de transporte coletivo são mais largas que as tradicionais (Fig. 5), o que contribui para a implantação de ciclovias, por exemplo.

No balneário já é possível utilizar transporte alternativo, como barco (Fig. 6), sendo que existe uma pequena infraestrutura para este suporte. Em se tratando de visuais, localização e paisagem natural, um exemplo de aproveitamento dos recursos naturais disponíveis pode ser registrado no Restaurante Espera Maré, com acesso direto para a foz do Rio Jucu, e visuais para o mar e a reserva ecológica (Fig. 7).



Figura 5: Vias largas



Figura 6: Utilização de barcos no balneário



Figura 7: Restaurante na foz do Rio e visual da reserva ecológica

Outros princípios relacionados aos temas propostos pelos indicadores também foram identificados, como o aproveitamento da ventilação e da iluminação naturais, exemplificado na Figura 8, por uma residência que utiliza aberturas para ventilação cruzada e iluminação natural. Outras tipologias de construção, voltadas para o comércio e turismo também fazem o aproveitamento de tais recursos, como no Restaurante Espera Maré, que possibilita a entrada de luz natural nos banheiros por meio de cobertura translúcida, não necessitando de iluminação artificial durante o dia (Fig. 9). Outro exemplo é a presença do átrio na Pousada Espera Maré, que proporciona iluminação e ventilação naturais aos espaços interiores (Fig. 10).



Figura 8: Aberturas generosas em uma residência



Figura 9: Iluminação natural em um banheiro por meio de cobertura translúcida



Figura 10: Átrio central em uma pousada que favorece a iluminação e ventilação de todos os ambientes

A categoria “Materiais” possui 7 indicadores que perpassam pelo uso de materiais alternativos, regionais e reciclados. Esta categoria contribui para que os materiais regionais sejam utilizados, cooperando para um gasto menor com transportes, por exemplo, valorizando o material local. Algumas destas ideias também foram percebidas no Balneário da Barra do Jucu, como por exemplo, o reaproveitamento de uma janela (Fig. 11). Neste

mesmo estabelecimento, que funciona como lanchonete e bar, também foi agregada uma cobertura de OSB, estruturada em madeira (Fig. 12), dando ênfase ao uso de materiais de baixo impacto e renováveis. Em outro ponto comercial, o restaurante reutiliza madeira para estruturar o telhado. Aqui também foi feita uma trama de madeira na empena possibilitando a ventilação cruzada no ambiente interno e o favorecimento do efeito chaminé, com a saída do ar quente por tais aberturas (Fig. 13).



Figura 11: Reutilização de material na fachada da lanchonete



Figura 12: Utilização de OSB e madeira para a cobertura da lanchonete



Figura 13: Utilização de madeira e palha, favorecendo a iluminação e proporcionando um ar rústico ao restaurante

Outras categorias que podem ser exemplificadas são “Áreas Verdes” e “Comunidade Residente”, que se destacam nesse balneário por possuir uma quantidade de moradores residentes, onde os mesmos contribuem para enfatizar a vivência. Em muitos terrenos particulares nota-se o cuidado com o paisagismo (Fig. 14). Também é notável o pertencimento de lugar ao identificar equipamentos coletivos em perfeito estado de conservação e uso, como a Igreja Matriz (Fig.15) e a academia popular (Fig. 16).



Figura 14: Utilização do paisagismo no interior de um terreno privado



Figura 15: Preservação do patrimônio religioso, Igreja Matriz



Figura 16: Preservação da academia popular do Balneário

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

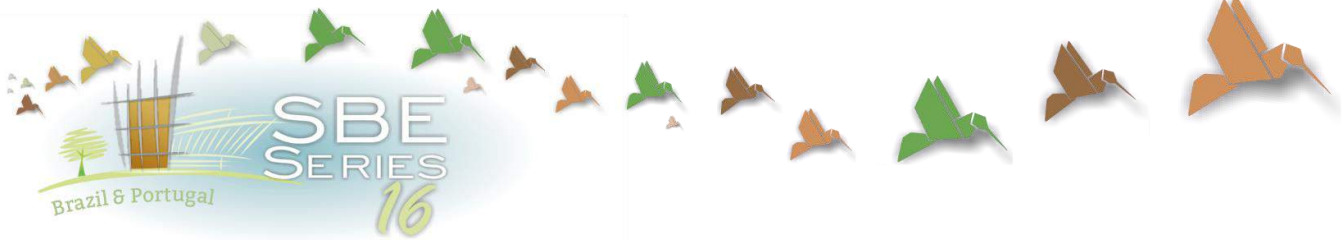
Com a realização desse estudo foi possível analisar e listar os indicadores passíveis de serem utilizados em construções novas ou existentes, públicas ou privadas, áreas abertas ou fechadas especificamente para a tipologia de Balneário Suburbano. Após o estudo foi elencado um total de 50 indicadores distribuídos em 10 categorias que se complementam, objetivando impulsionar a sustentabilidade dos balneários. Esses indicadores compreendem medidas passíveis de serem adotadas que agregam visibilidade local contribuindo para a melhoria na infraestrutura, fortalecendo desta forma a atração de turistas e a fixação dos residentes. Isso demonstra que com simples ações e incentivos é possível tornar uma comunidade mais consciente e, conseqüentemente, voltada ao aspecto sustentável. Assim como neste balneário, outros locais com características similares podem replicar os resultados em suas regiões.

6. AGRADECIMENTOS

Este artigo é parte de um projeto de pesquisa chamada FAPES/CAPES nº 009/2014 - PROFIX-D/ Bolsa de Fixação de Doutores -, Processo nº 68853939. Os autores agradecem o apoio recebido da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES).

REFERENCIAS

- Arrebola. *Igreja histórica de Reis Magos, em Nova Almeida - Serra*. Disponível em: <http://www.panoramio.com/photo_explorer#view=photo&position=6402&with_photo_id=34864905&order=date_desc&user=634496>, acesso em 11 jan. 2016.
- Alvarez, C. E. de Souza, A. D. S. (Coord.). *ASUS: Avaliação de Sustentabilidade*. 2011. Disponível em: <<http://www.lppufes.org/asus/ferramenta.php>>, acesso em 11 jan. 2016.
- Barra do Jucu. *Festa de São Benedito: manifestação cultural na Barra do Jucu - Vila Velha*. Disponível em: <<http://www.barradojucu.com/>>, acesso 11 jan. 2016.
- Bissoli-Dalvi, M.; Rembiski, F.; Alvarez, C. E. Materiais de construção com características sustentáveis e reaproveitáveis: oferta no Estado do Espírito Santo. *Hábitat Sustentable*, 1, p. 25-34, 2011.
- Bissoli-Dalvi, M.; Alvarez, C. E.; Hofman, I. O.; Fuica, G.E.S. Sistematização de indicadores de sustentabilidade como ferramenta auxiliar ao projetista na seleção dos materiais de construção. *Revista Arquitetura*, 9, 2013.
- Breem: BRE Environmental & Sustainability Standard. [S.I.]: BRE Global, 2009.
- Fernández-Sánchez, G.; Rodríguez-López, F. A methodology to identify sustainability indicators in construction project management: Application to infrastructure projects in Spain. *Ecological Indicators*, 10, p. 1193-1201, nov. 2010.
- Fundação Carlos Alberto Vanzolini. *Referencial técnico de certificação Edifícios do setor de serviços - Processo AQUA: Escritórios e Edifícios escolares*. São Paulo: FCAV, 2007. Disponível em: <<http://www.inovatech engenharia.com.br/processo-aqua/>>, acesso em 18 abr. 2016.
- Green Building Council of Australia. 2008. *Technical manual: green star office design & office as built. version 3*. Sydney: Green building Council of Australia, 2008.
- International Initiative for a Sustainable Building Environment - IISBE. 2007. Disponível em: <<http://www.iisbe.org/>>, acesso em 28 abr. 2016.
- Japan Greenbuild Council; *Japan Sustainable Building Consortium*. The assessment method employed by CASBEE. Disponível em: <<http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/methodE.htm>>, acesso em 15 fev. 2016.
- Leed 2009 for *New Construction and Major Renovation*. Washington: U.S. Green Building Council. 2009.
- Manguinhos. *Tradições culturais no Festival Manguinhos Gourmet - Serra*. Disponível em: <<http://www.manguinhos.org.br/pgi/1357/6-festival-manguinhos-gourmet/2/>>, acesso 09 jan. 2016.
- Moraes, A. C. R. 2007. *Contribuições para a gestão da zona costeira do Brasil*. Elementos para uma Geografia do Litoral Brasileiro. São Paulo: Annablume, 232 p.
- Oliveira, R. A; Zamborlini, K.; Souza, A. D. S.; Alvarez, C. E. A inserção urbana e os instrumentos de controle urbanístico no contexto das ferramentas de avaliação de sustentabilidade em edificações: o caso da ASUS. *Anais... ELECS*, 2011.
- Petrosillo, I.; Zurlini, G.; Grato, E.; Zaccarelli, N. Indicating fragility of socio-ecological tourism-based systems. *Ecological Indicators*, 6, p. 104-113, jan. 2006.
- Projeto Orla: Fundamentos para gestão integrada. Ministério do Meio Ambiente, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Brasília: MMA, 2006. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/orla/_arquivos/11_04122008111238.pdf>, acesso em 25 de aug. 2015.
- Rogers, R.; Gumuchdjan, P. *Cidades para um pequeno planeta*. Barcelona: Gustavo Gilli, 196 p. 2001.
- SECRETARIA de Estado do Turismo. *Plano de Desenvolvimento Sustentável do Turismo do Estado do Espírito Santo 2025*. Vitória: Governo do Estado do Espírito Santo, 2010.



New tools for sustainable urban land regularization in permanent preservation areas: The 11.977/09 Brazilian Law Implementation

Bruna Pimentel Cilento

Pontifical Catholic University of Campinas, Graduate Program in Urbanism, Campinas (SP), Brazil
brunapcilento@yahoo.com.br

Julia Lopes da Silva

Pontifical Catholic University of Campinas, Graduate Program in Urbanism, Campinas (SP), Brazil
julialopes123@gmail.com

Laura Machado de Melo Bueno

Pontifical Catholic University of Campinas, Graduate Program in Urbanism, Campinas (SP), Brazil
laurabueno500@gmail.com

Patricia Rodrigues Samora

Pontifical Catholic University of Campinas, Graduate Program in Urbanism, Campinas (SP), Brazil
patricia.samora@puc-campinas.edu.br

ABSTRACT: The right to housing is intrinsically related to urban-environmental conflicts as a result of the process of social and spatial exclusion – characteristic of the economic system in force –, causing a significant portion of the low income population to be neglected and left on the margins of human rights, particularly when it comes to the right to housing, which, in turn, causes this population to occupy and set dwelling in environmentally sensitive areas. In this context, the regularization of land in Brazil has gone through an important advancement with Federal Law no. 11.977/2009, due to innovative possibility to regularize human settlements of social interest in consolidated urban areas, even when partially or fully inserted in Permanent Preservation Areas (PPA's). This article discusses the challenges for the application of said urban law in the process of legalization and transformation of informal urban settlements inserted in PPA's from the perspective of their socio-environmental sustainability. This way, the necessary interventions must aim at improvements in environmental conditions, in accordance with the recovery of the social liabilities of the occupied area, so as to ensure an ecologically balanced environment using compensatory, mitigating, and recovery actions to these areas. Such actions must enhance the interaction between the environment and the city and take into consideration the importance of the legal regulation to promote a sustainable regularization of the urban land where social justice can prevail.

Keywords *sustainable urban land regularization, compensatory, mitigating and recovery actions, irregular urban settlements, social and environmental sustainability.*

1. INTRODUCTION

As these people have scarce financial resources because of the low salaries paid, one of the main side effects of the lack of access by this population to the urban land – a fact that results particularly from the high costs of real estates equipped with infrastructure – is the distance created between these people and an appropriate social environment, which therefore keeps them away from a balanced environment.

This fact demonstrates that the essential need for housing lead these people to find their place somewhere else, often in sensitive environmental areas as the PPA's (Permanent Protection Areas), which are mostly located beyond the perimeter of the structured city, in a predictable move from the legal to the informal, characterizing a "split city" and a social apartheid (MARICATO, 1995).

The spatial segregation institutionalized between poorer people and the middle class, follow the excluding logic of the real city and its open wound in the capitalist system in force in Brazil.

In this sense, the division of self-produced lots, self-built constructions, and the poor conditions of life lead to precariousness, danger, health hazards, and complete degradation of humans and the nature, bringing about the tragic harmony between the environment and the excluded people and the possibilities available to them.

The expansion of this scenario of irregularity of housing settlements in environmentally sensitive areas (MARTINS, 2011) indicates that their protection is intrinsically related to the demand for housing for popular classes with low income or no income at all.

This is the context in which the right to housing for low income population translates into one of the most challenging commitments of Brazilian urban policies provided for in the constitution, but which advances very slowly (or retrocedes very rapidly).

For this reason, the Statute of City (BRASIL, 2001) and posteriorly Program *Minha Casa Minha Vida* (BRASIL, 2009) listed the urban land regularization as one of the instruments to legalize the occupied land and its necessary urbanization, so as to correct the distortions caused by the populational growth, the spatial exclusion, and the negative effects to the environment, thereby ensuring its social function in a sustainable way.

2. TOOLS FOR LAND REGULARIZATION

2.1 Sustainability and Regularization of Urban Land of Social Interest in Brazil

The regularization of urban land of social interest is more than the legalization of the downright ownership of the land lot by its occupant, as it depends upon establishment and particularly the enforcement of special, minimum urbanization norms, since irregular settlements in Brazil are very often comprised of self-built residences with serious technical deficiencies when it comes to ventilation, natural light, dimensions, and spatial distribution.

Moreover, these settlements have a lack or even absolute absence of basic infrastructure (such as sewer systems, rainwater galleries, drinking water supply, lighting, sidewalks, garbage collection, and road systems adjusted to the needs of that population, etc.) and public services, such as schools, health centers, transportation, official justice offices, not to mention the difficulty to access means for professionalization and formal employment, the exposure to risks, discrimination, and urban violence, all of which are elements that should be considered in the process of regularization of land of social interest by the Public Power.

Therefore, in order to accomplish a socio-environmental sustainability in Brazilian cities, the regularization of land in Permanent Preservation Areas stands as a very important action.

However, this also brings a conflict between environmental preservation and the demand for urban settlements for lower income population (MARTINS, 2011), even if the need to expand the access of this population to the formal housing market is widely known.

In this sense, it is not possible to adopt the single alternative of removing thousands of families occupying environmentally sensitive areas and then resettle them somewhere else. More than that, projects for the adaptation and regularization of the existing settlements to the specific conditions of the occupied area must also be taken into consideration.

The urban land regularization processes carried out before the introduction of Federal Law no. 11.977/09 (BRASIL, 2009) took place in a punctual manner, and still do as they clash against legal and environmental hindrances.

These processes also could not prevent the expansion of the territory to peripheral zones, nor the populational densification in those areas, and many of the reoccupations of risk areas and environmentally protected area. It indicates the need for changes in the legislation to debureaucratize the regularization process, as one of the major difficulties faced – not to consider the state inertia and the commercial fundamentalism (MARICATO, 1995) – is to define which legal, urban, and environmental tools would be appropriate to each reality.

Known as the Law of Program *Minha Casa Minha Vida* (My Home, My Life), the abovementioned law was introduced to meet this need by establishing general directives for regularization programs and by creating other tools, such as the urban demarcation and the legitimization of ownership, which enabled the regularization of social interest land in PPA's, according to paragraphs 1, 2, and 3 of Article 54 of said law.

The main challenge for that legalization and urbanization proceeding to occur – in addition to facing the conservative views and the eminently conservationist approach to natural resources – is to provide evidences that the environmental intervention to be proposed can lead to improvements in environmental conditions when compared to the previous irregular occupation. In other words, it is necessary to demonstrate and execute social and environmental improvements in the occupied area as a single, concise act of sustainability to consummate socio-environmental justice where environmental conservation and recovery thrives hand in hand with the preservation of the right for decent housing.

2.2 Challenges to enforcement of Law 11.977/09

The provisions set forth in Article 54 of Law no. 11.977/09 (BRAZIL, 2009), when interpreted concurrently with the provisions of the Forestry Code (Federal Law no. 12.651, May 25, 2012), more precisely in its Articles 8, 64, and 65, denote an apparent victory of the defense to the right for housing, as said provisions has been adopted by the legal regime in force.

This regulation for the sustainable occupation of land in urban areas had been previously edited by CONAMA (Brazilian National Environmental Council) in its Resolution no. 369, of March 28, 2006, (BRAZIL, 2006) that empowered the competent authority to authorize the suppression of or intervention in the vegetation of PPA's for that purpose, as long as this regulation requirements are complied.

Nevertheless, the Federal Laws mentioned above listed the procedures required to implement the regularization project, thereby further facilitating the process. It established some provisions that differ from said CONAMA Resolution, particularly regarding the deadline for consolidation of occupations to be regularized, that is, areas occupied until December 31, 2007. Said laws have also provided the municipal licensing/environmental authority with more autonomy to propose measures for intervention and recovery of PPA's, as pointed out below:

Article 54. The project for the regularization of land of social interest **shall consider the characteristics of the occupation and the occupied area in order to define specific urbanistic and environmental parameters**, and identify land lots, circulation roads, and areas destined to public use.

(...)

Paragraph 2. **The technical study** referred to in Paragraph 1 shall be elaborated by a legally qualified professional, reconcile with the land regularization process, and contain at least the following elements: (...)

III – **proposal of interventions** to control geotechnical risks and floods;

IV – **recovery of degraded areas** and other areas not subject to regularization;

V – **evidences of the improvement in urban-environmental sustainability conditions**, considering the appropriate use of water resources and the protection of conservation units, as the case may be;

VI – **evidences of the improvement in the conditions of occupation by dwellers provided by the proposed regulation (...)**; (BRAZIL, 2009, bold added.)

The Law of Program My Home, My Life strengthened the municipal authority to control and organize subjects in the local interest, such as the regularization of settlements in PPA's, enabling the municipality to carry out the technical study of the regularization project as long as it meets the basic conditions imposed by said law.

In principle, the provisions set forth in said law seem to invert the logic of implementation of the urban planning law, which currently favors financial interests to the wills of the

commercial real estate sector in lieu of the public interest. However, the power of the capital and the right to private property suggest that said legal provisions may become meaningless in the Brazilian legal system without political power.

The acquiescence of the State with illegal urban land occupations and its tolerance to clandestine or irregular occupations, added to public management practices that better suit to trends in the real estate market and civil construction industries and consumables, such as automobiles, that is, sectors that profit from the marginalization and deterioration of conditions of life by producing asphalt, works, roads, bridges, and vehicles for a long and lengthy transportation of these populations, all lead to the false illusion that these excluded populations have actual access to the formal city, which further damages the effectiveness of urban policies intended to preserve and control the use and occupation of the soil (MARICATO, 1995).

Moreover, it is worth noting that if the real estate speculation suggests that the “vocation” of the occupied area leads to losses to that financial sector, prohibitive legal provisions are rapidly enforced without any tolerance or analysis by all other indicators that led to such a housing informality (MARICATO, 1995).

The ongoing criminalization of poverty and – more specifically – movements that claim for land and housing practiced by the Judiciary Power, the Police, and the general media evidences the ideological construction of the private property concept and the creation of urban and environmental legislation in Brazil to favor the interests explained above. (MARICATO, 2011).

In this context, “justice” is made by overlooking the law, and not by the way it is practiced (MARICATO, 1995), which does not implement a right or protection to this part of society, but a complete abandonment, since the inspection of the use and occupation of the soil is exercised in a discriminatory fashion, according to the interests of the real estate market and the political manager, which makes use of the need for regularization and the absence of public services to disregarded populations to reinforce the paternalistic relationship between the Public Power and the occupants of irregular settlements.

In other words, this fosters the elected ruler’s pork barrel with this destitute portion of its supposed voters by means of small “favors” and palliative public works, giving the false impression that those occupants have a right to the city.

This is why the land regularization can bring effective benefits to people settled in environmentally sensitive areas, for the legalization of the ownership added to the implementation of basic infrastructure works and access to public utilities and spaces stand as primordial elements for the democratization of socio-environmental relationships, provided that measures for the environmental compensation, mitigation, and recovery are actually implemented.

Nevertheless, in addition to the challenges inherent to the force of speculative capital and the interest in maintaining the status quo of environmental segregation and social exclusion in pork-barrel practices by many members of government, there are other issues to be overcome and rethought in the policies for urban land regularization. One of the most important is that the use of such urban policies must not lead to the inversion in

the concept of construction of a city, where urban improvements and environmental preservation measures become the result of a disorganized and later legalized occupation.

Disorganized occupations of the land must be an exception to the rule and serve to adjust an incoherence to the legal order in force, and must be in tune with all other urban policies, particularly those intended for the planning, inspection, and control of the use of land, urban expansion, and populational densification. Otherwise, the risk to have the informal city as the model to be followed would be imminent.

Also, the use of such instrument to regularize occupations in PPA's must not slacken the interpretation of irregularities in the use and occupation of the land by private interests in order to obtain illicit financial advantage, as this would disfigure its purpose of repairing the socio-environmental segregation of poorer populations.

For this reason, it is important to point out that regularizations must not serve as a tool for impunity in cases of illegal land lotting practices, often used in evident bad faith, as these have already been described in Article 51 of the Federal Law on Land Lotting as a crime against the public administration (BRAZIL, 1979).

It should be emphasized that the participation of the parties interested in all phases of the regularization process is critical for its success, particularly the occupants - directly affected -, but also representatives from the organized civil society that exercise social control by means of councils related to municipal, environmental, city, and housing matters, as this would lead to a higher possibility to understand, correct, and overcome the problems they face and also to raise the awareness on the importance of preserving and taking care to a space that belongs to them.

Also, another obstacle to be overcome is how to convince environmental defenders that the idea of strict protection of natural resources apart from urban social and cultural issues and the absence of effective popular housing policies distorts the real dimensions of environmental problems and reinforces social conflicts and environmental degradation. In other words, the right to housing as part of the right to a sustainable environment.

Another significant challenge is to have the population that achieves access to the formalized city by means of such regularization process be also granted access to better opportunities of qualification, employment, and education, so that they do not stand as mere reproducers of the structure of oppression faced in the capitalist system in which they are inserted. More than that, it is important that this population begin to question that structure as individuals that are subject to reiterated segregations, not only spatial, but only cultural and intellectual segregations that reveal the social abyss produced by differences in social classes and individuals.

However, it is worth noting that the public power frequently poses resistance to the application of such measures due to the conservationist approach to the environment. It is important to understand that the regularization of settlements in environmentally sensitive areas brings benefits to the occupied area its occupants, and also to the urban as a role. Therefore, to do so, the myth of an untouchable nature must be brought down.

2.3 Environment and Nature

Diegues (2001) affirms that, throughout history, humanity took several measures in the attempt to preserve nature. In the 19th century, the USA started to create natural reserves and national parks. Seen as one of the main elements of preservation of nature, that strategy served as a role model for several other countries in the world, including Brazil. The broader objective of those protected natural areas is to preserve spaces with important ecological attributes. When they were created, those areas were intended to protect nature from urban-industrial civilization. However, the existence of this wild, pristine, untouchable natural world is now part of a modern myth. Diegues affirms that there is no such a thing as nature in its pure state. Today, biogeographers refer to natural regions that now usually correspond to areas extensively manipulated by mankind. Thus, we may reach the conclusion that, in order to better manage our preservation areas, particularly our environmentally sensitive areas, we should rethink the way these areas have been treated, as the current reality of poverty and lack of decent housing alternatives that lead to irregular occupation and self-construction are often disregarded.

When planning environmental preservation areas in urban regions, the public power enters a battle against their occupation, which has shown to be an endless struggle, as the real estate mindset that thrives in the cities continuously pushes lower income populations to the margins, which are very often considered to be environmentally sensitive areas. According to Ferreira & Ferrara (2012), it is also worth noting that the critical environmental condition of several Brazilian cities is not solely related to the occupation of preservation areas. Those who believe in the existence of a sustainable urbanization in richer neighborhoods are deeply mistaken. According to some authors, it is important to accept the fact that no country that has promoted economic growth through urbanization has been successful in avoiding environmental impacts. However, not every urbanization is necessarily negative. In order to promote a less aggressive urbanization, we must change our basic standards to avoid repeating the same predatory processes used in northern countries, and instead adopt an ideal of socio-environmental justice. Therefore, by accepting the existence of countless people left apart from our economic system, incapable of including themselves into the logic of cities, and consequently led to occupy environmentally sensitive areas, the public power can grant appropriate treatment to these situations by taking compensating, mitigating, and repairing actions. And this is exactly what the implementation of Law no. 11.977/09 determines.

According to Bueno & Almeida (2015), the regularization of a settlement within a Permanent Preservation Area must be based on actions aimed at promoting the environmental recovery and compensation, and minimizing environmental impacts. Environmental remediation actions involve removing the pollutant from the environment and restore the degraded environment, which may involve resettling families already located within the restriction boundaries (between 15 to 30 meters from water bodies) and the reforestation of the area. On the other hand, environmental compensation actions are used to provide infrastructure to deficient housing areas through the implementation of rainwater infiltration wells, for instance. Finally, mitigating actions are intended to prevent or reduce the magnitude of the effects of urbanization by implementing sewer collection and treatment, erosion control, etc. It is worth noting that, when implemented, these actions minimize not only the local environmental impacts, but also positively affect

other surrounding urban areas. The application of these measures, as well as the regularization as a whole, bring countless benefits to the occupied area and to the occupying population.

On the other hand, the forced removal of populations living in environmentally sensitive areas, or the failure to take measures to regularize and implement remediation, compensation, and mitigation measures bring several negative impacts, as we discuss below.

2.4 Negative Aspects – Non-Application of Law no. 11.977/09

Irregular occupations in PPA's are found in Brazilian cities in a more or less accentuated manner, according to the dimension of the municipality and its economic and structural reality. As a result, the absence of policies intended to recover and preserve environmental protection areas and eliminate the risks posed to the occupants and nature can only increase this segregation from the formal city along the years.

An example of this fact is the complex case of *favelas*, or shantytowns, located in the district of Itaim Paulista, far east of the capital of São Paulo (FONSECA, M.; LUZ, F.; CORREIA, J., 2014). The preparation for the removal of families settled in Favela Monte Taó (Figure 1), at the sides of the Itaim stream, was a hindrance to the intervention process (Figure 2). This was because no appropriate housing alternatives were offered to the families settled in the PPA, disregarding their right to decent housing. As a consequence, all that they received was an indemnification payment that was not proportional to the minimum amount required for them to adjust to a sustainable housing option, which led to the maintenance of their precarious quality of life and the inefficacy to eliminate risks, since many of them moved out just to occupy other degraded areas of the same favela.



Figure 1: Original situation of Favela Monte Taó (Source: FONSECA; LUZ; CORREIA, 2014)



Figure 2: Situation after the removal of families. The stream resumed its original natural conditions and the families - without a housing alternative – moved to other locations not suited for urbanization. (Source: FONSECA; LUZ; CORREIA, 2014)

Unfortunately, there are several other cases of human settlements in environmentally sensitive areas that have not been duly handled. Favela Monte Taó, mentioned above, is one of them. The iconic case of Parque Linear Canivete, in the north zone of the city of São Paulo, is another example.

Finally, it is important to point out the need to prioritize the urbanization of the occupied areas by adopting the processes of intervention in PPA's, preferably measures of recovery, compensation, and mitigation in order to keep the families in those locations instead of removing them from environmentally sensitive areas, since the improper housing approach used in these removals have demonstrated that these families return to other areas or risk of environmentally fragile, which maintains the social and ecological vulnerability in this disgraceful scenario.

2.5 Positive Implications of Law no. 11.977/09

On the other hand, the application of Law no. 11.977/09 ensures that people occupying environmentally sensitive areas out of the restriction boundaries (15 to 30 meters from water bodies) can live in decent conditions, and ensures the reduction of the damages to the occupied areas. As for the social aspects, there is a direct relationship between environmental degradation and health. In precarious areas, the poor quality of water, the inadequate discharge of effluents, and the lack of sewer systems are responsible for diseases such as leptospirosis, dengue fever, hepatitis, and others (MARICATO, 1995). Therefore, the recovery of these locations not only ensures the environmental and water recovery of the area, but also the entire water micro-basin in which the settlement is inserted (BUENO & ALMEIDA, 2015). Moreover, occupations in hillsides and valley bottoms are frequently subject to landslides and floods. Thus, providing the necessary urban infrastructure to these areas would lead to a reduction in the occurrence of these disasters and the consequent improvement in the quality of life of the population, also reducing the vulnerability to the forced removal of the population.

As for the environmental aspects, the remediation and mitigation measures provided for in the Law are extremely beneficial to the environment, as they promote the reforestation of degraded areas, cleaning of the area, recovery of the quality of water, fauna, and flora, etc., allowing the environment to return to its natural conditions to the maximum extent possible. And, finally, compensatory measures prevent future damages to water bodies and the vegetation, since the implementation of infrastructure equipment reduces the impacts of inappropriate housing to environmentally sensitive areas.

3. FINAL CONSIDERATIONS

Deepen the integration of public policies on housing, sanitation and environment, in the actions of interventions in APP's occupations is necessary. The lack of articulation between these key policies and the processes of urbanization and land regularization of urban settlements located in such environmentally sensitive areas, makes possible to achieve only few results in the recovery and preservation of these areas and of the people who live in them.

Importantly, the simple removal of these populations from the occupied areas cannot be seen as a solution to the problem of poor housing and recovery as well as the preservation of the environment. For this reason it is necessary to diagnose the occupied place, rating it by technicians who operate in these three spheres of public policies of land use regulation, and also adopting the environmental licensing procedures and urban and social support that make such regulation possible.

It is remarkable, that the relationship of the inhabitants with the stream neither match their ecological recovery, nor provides its appreciation in the urban space. It's necessary to develop more effective proposals that are able to promote the ecological restoration of an urban stream and enhance its presence to human life.

In the light of the arguments above, and in view of the existence of well succeeded PPA regularization projects, we conclude that the most appropriate way to achieve socio-environmental justice in Brazilian cities is to acknowledge and adjust these settlements to receive the infrastructure required for their consolidation. The expulsion of lower income population from precarious settlements in PPA's can only ensure the continuation of the cycle of deforestation of natural resources and social exclusion.

Hence, it is worth noting that Law no. 11.977/09 stands as an indispensable instrument in the fight for decent housing and good conditions of life to populations that are led to occupy Permanent Preservation Areas, as it ensures that proper infrastructure is provided to these locations. In addition, it allows a balanced and sustainable environment to be accomplished as remediation, mitigation, and compensation measures are implemented in these locations.

REFERENCES

- BUENO, Laura M.M. e ALMEIDA, Estela R. *Estudos de adaptação: dilemas da regularização de bairros com favelas com áreas ambientalmente sensíveis*. Cadernos PROARQ nº 24 de julho de 2015. 78 - 101.
- DIEGUES, A. *O mito moderno da natureza intocada*. Editora Hucitec, 3rd edition, São Paulo, 2011.
- FERREIRA, J. & FERRARA, L. *A formulação de uma nova matriz urbana no Brasil, baseada na justiça socioambiental*. In: NUNES, T; SANTA ROSA, J.; MORAES, R.F. Sustentabilidade urbana: impactos do desenvolvimento econômico e suas consequências sobre o processo de urbanização nos países emergentes. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2015. V.3.
- FONSECA, M.; LUZ, F.; CORREIA, J. *Direito à moradia e áreas de preservação ambiental - o caso da Favela Monte Taó - SP*. Anais do seminário nacional sobre tratamento de áreas de preservação permanente em meio urbano e restrições ambientais ao parcelamento de solo APPURBANA. Belém, 2014
- MARICATO, E. *Metrópole na periferia do capitalismo: Ilegalidade desigualdade e violência*. São Paulo, 1995.
- _____. *O Impasse na política urbana no Brasil*. Editora Vozes, 3rd edition, Petrópolis, 2011.
- MARTINS, M. L. São Paulo, centro e periferia: a retórica ambiental e os limites da política urbana. In: *Revista Estudos Avançados, São Paulo*, v.25, n.71, p.59 - 72, 2011.

LEGISLATION

- BRAZIL. *Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979*. Available at: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6766compilado.htm. Accessed on May 16, 2016.
- BRAZIL. *Constituição da República Federativa do Brasil*. Enacted on October 5, 1988. Available at: http://www.senado.gov.br/atividade/const/con1988/CON1988_05.10.1988/CON1988.pdf. Accessed on May 16, 2016.
- BRAZIL. *Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001*. Available at: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10257.htm. Accessed on May 16, 2016.
- BRAZIL. *Lei nº 11.977, de 7 de julho de 2009*. Available at: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/11977.htm. Accessed on May 16, 2016.
- BRAZIL. *Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012*. Available at: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm. Accessed on May 16, 2016.
- BRAZIL. Ministério do Meio Ambiente. *RESOLUÇÃO CONAMA nº 369, de 28 de março de 2006*. Available at: http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_2006_369.pdf. Accessed on May 16, 2016.



Assessing sustainable urban densification using geographic information systems

Natasha Cabrera-Jara

Universidad de Cuenca, Departamento de Espacio y Población, LlactaLAB – Ciudades Sustentables, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Cuenca, Ecuador

natasha.cabrera@ucuenca.edu.ec

Daniel Orellana

Universidad de Cuenca, Departamento de Espacio y Población, LlactaLAB – Ciudades Sustentables, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Cuenca, Ecuador

daniel.orellana@ucuenca.edu.ec

M. Augusta Hermida

Universidad de Cuenca, Departamento de Espacio y Población, LlactaLAB – Ciudades Sustentables, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Cuenca, Ecuador

augusta.hermida@ucuenca.edu.ec

ABSTRACT: Facing the expansive growth of cities and the wasteful consumption of resources, cities must be measured in its immense complexity, and its parts and layers must be observed so as to assess its ability to support such pressures. Cities should look at themselves and define how far away they are from a sustainable model, which means a greater sense of community, mixed uses, higher densities, better public space, higher quality of life, less energy consume, among others. This paper presents a toolbox for assessing sustainable urban densification using Geographic Information Systems (GIS). The toolbox uses spatial analysis and cartographic representation techniques to characterize and analyze the spatial distribution of a set of indicators using an orthogonal grid. The toolbox includes the automatic computation of 20 indicators of urban sustainability organized in four themes: compactness, diversity of uses, urban green, and socio-spatial integration. It also computes a Sustainable Urban Densification Index for each cell of the grid allowing to explore and discover spatial patterns of urban sustainability. The toolbox includes options for parameterization of both the indicators and the index, offering flexibility for adapting it to different realities and needs. These features allows the application of the toolbox for a wide variety of studies, such as comparative analysis of different cities or urban fabrics, monitoring of performance of urban policies, assessment of the impact of urban densification and urban sprawl, and future scenario evaluation. The toolbox is publicly available to researchers, practitioners, urban officials, technicians and students interested in urban sustainability.

Keywords *Urban sustainability, Urban indicators, GIS, Spatial analysis, Assessment tools.*

1. EVALUATION OF URBAN FABRIC

"Measure what is measurable, and make measurable what is not so" - Galileo Galilei

The city is, among other definitions, a spatial and relational phenomenon, the most comprehensive work of human activity (Whitman cited in Chueca, 2011, p.19). It is a scene of life, so that understanding it means approaching its inhabitants. Therefore, the desire to study the city represents an act that involves tackling its immense complexity, observing its parts and abstracting the different layers that constitute it.

La ciudad es esto (Hermida et al., 2015a) proposes a tool for measuring and comparing urban sustainability taking as a main issue housing densification and intensification of uses. Besides, this tool considers the different variables that affect urban life and mobility, green infrastructure and social cohesion (Hermida et al., 2015b, p. 29). In fact, compact city is assumed as a sustainable urban model and densification as a key variable for analysis.

1.1 The abstraction of the city

Due to the expansive growth of cities and their wasteful consumption of resources it is necessary to measure their ability to face these pressures (Cabrera et al., 2015). The dispersed city has failed as urban model (Arbury, 2005) and its effects require a change of course. For this reason cities should look at themselves to assess how much they have deviated from the compact model, which defends cities with a greater sense of community, mixed and walkable uses, higher densities, more space for its inhabitants and less for the car (Lehmann, 2010). It is necessary to measure how the city resembles the compact and diverse model and thus demonstrate urban sustainability (Rueda, 2008). With this in view techniques of spatial representation GIS (geographic information systems), that integrate mapping and information resources allowing the organization, storage, analysis and modeling of large amounts of geo-referenced data (Olaya, 2011) are used. Drawing on these data it is possible to create indicators represented in layers of geographic information that may overlap to measure urban sustainability addressing spatial heterogeneity.

While GIS tools are useful and maps are essential to navigate and locate boundaries and landmarks, some representations are inefficient to visualize and communicate information as the visual impact of data displayed in a spatial way is influenced by the way space is divided (London Data Store, 2015). Irregular divisions of cartographic maps carry the "modifiable area unit problem" MAUP (Openshaw, 1981) due to the variability of spatial boundaries and the lack of a regular unit area which present spatial and statistical calculations (densities, proportions, etc.). To reduce the visual impact and to maintain possibilities of comparative analysis a regular grid is chosen. This divides the territory analyzed in uniform cells (fig. 1). The grid is dimensioned according to the average area of a city block and its cells contain at least 4 blocks. In the case of Cuenca-Ecuador, the cells are sized 200m x 200m (Hermida et al., 2015a, p. 35).

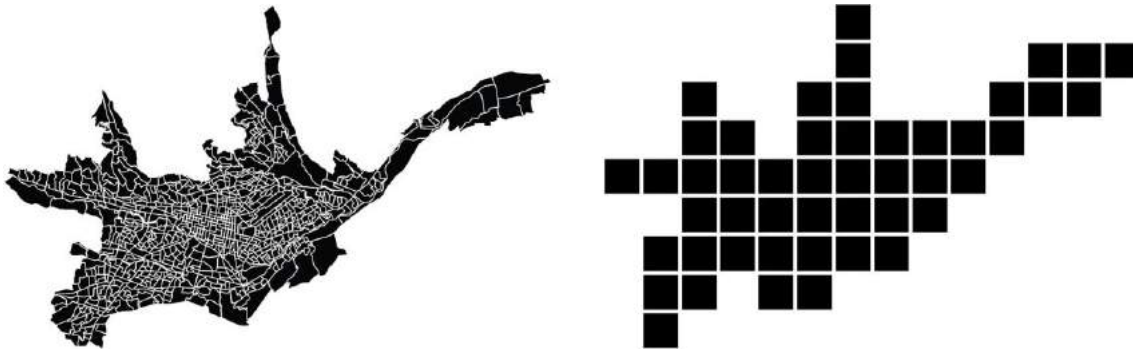


Figure 1. Division of the urban fabric through a square grid

2. INDICATORS SYSTEM

The construction of this system uses at a starting point 52 indicators extracted from the indicator system for large and medium-sized cities (Agencia de Ecología Urbana de Barcelona & Red de Redes de Desarrollo Local Sostenible, 2009), and the environmental sustainability indicators plan of Seville (Rueda, 2008). From these studies 20 indicators are proposed, which are adapted to the city of Cuenca and organized into four axes: 1) compactness, 2) diversity of uses, 3) urban green, and 4) socio-spatial integration (table 1) (Hermida et al., 2015a, p. 36). The criteria for the selection and development of these indicators are based primarily on relevance, cost of production and information value. In this sense the existence of updated cadastral data to reduce the cost in obtaining information becomes fundamental.

Table 1. Indicators system proposed

Code	Name	Description
Axis 1: Compactness		
01	Urban housing density	Housing net density per hectare. It evidences consumption of residential land.
02	Inhabitants density	Inhabitants net density per hectare. It is complementary to the previous.
03	Absolute compactness	Building intensity, equivalent to building volume on a given surface.
04	Percentage of pedestrian road	Percentage of public road intended foot citizen.
05	Alternative transportation proximity	Percentage of population with access to three or more modes of transport other than the private car.
06	Pedestrian accessibility	Degree of accessibility on foot for the public road.
07	Percentage of closed condominium	Percentage of area destined to gated communities.
08	Empty lots area	Percentage of unused land or buildings on the block.
Axis 2: Diversity of uses		
09	Urban complexity	Diversity and frequency of uses. It evidences the mixture of activities.
10	Ratio of activity and residence	Ratio of commerce activities and the amount of housing.
11	Daily commerce activities	Simultaneous coverage of day-to-day commerce activities.
12	Spatial and functional continuity of corridor	Street interaction in relation to percentage of pedestrian road and complexity of uses.
Axis 3: Urban green		
13	Permeability of public land	Degree of permeability public land.
14	Green area per capita	Ratio of public green space and the number of inhabitants.
15	Volume of green in public space	Percentage of volume street occupied by vegetation.

16	Proximity to the nearest green area	Closeness of the population walk to the nearest green area.
17	Simultaneous proximity to three types of green areas	Closeness of the population walk to three types of green areas.
Axis 4: Socio-spatial integration		
18	Provision of infrastructure	Simultaneous coverage of different types of infrastructure.
19	Percentage of households in narrow circumstances	Fraction of homes that are in conditions of deprivation.
20	Socio-spatial segregation	Percentage of low-income population, measured in quartiles.

2.1 A synthetic index of sustainability

After the building of these 20 urban sustainability indicators, the Sustainable Urban Densification Index is proposed by obtaining four sub-indexes (Table 2). These in turn are built from 9 of the 20 indicators.

Table 2. Sub-indexes for calculating the synthetic index

Sub-index	Indicator	Optimum value
Housing and diversity of uses	Urban housing density	>40 dwellings/hectare
	Urban complexity	>4
Pedestrian accessibility	Pedestrian accessibility	>75%
	Alternative transportation proximity	100%
Urban green	Green area per capita	>15m ² /inhabitant
	Volume of green in public space	>30%
	Simultaneous proximity to three types of green areas	100%
Socio-spatial integration	Percentage of households in narrow circumstances	0%
	Socio-spatial segregation	0,76-1,25

The Sustainable Urban Densification Index represents the relative valuation of sustainability in terms of density and composition through the four sub-indexes, allowing a global reading and facilitating comparisons. Additionally, the results are normalized to values from zero to one, with zero being the lowest and 1 the highest value of sustainability (Hermida et al., 2015a, p. 123). The index and the values of these indicators are represented through the regular grid of 200x200mm (Fig. 2).

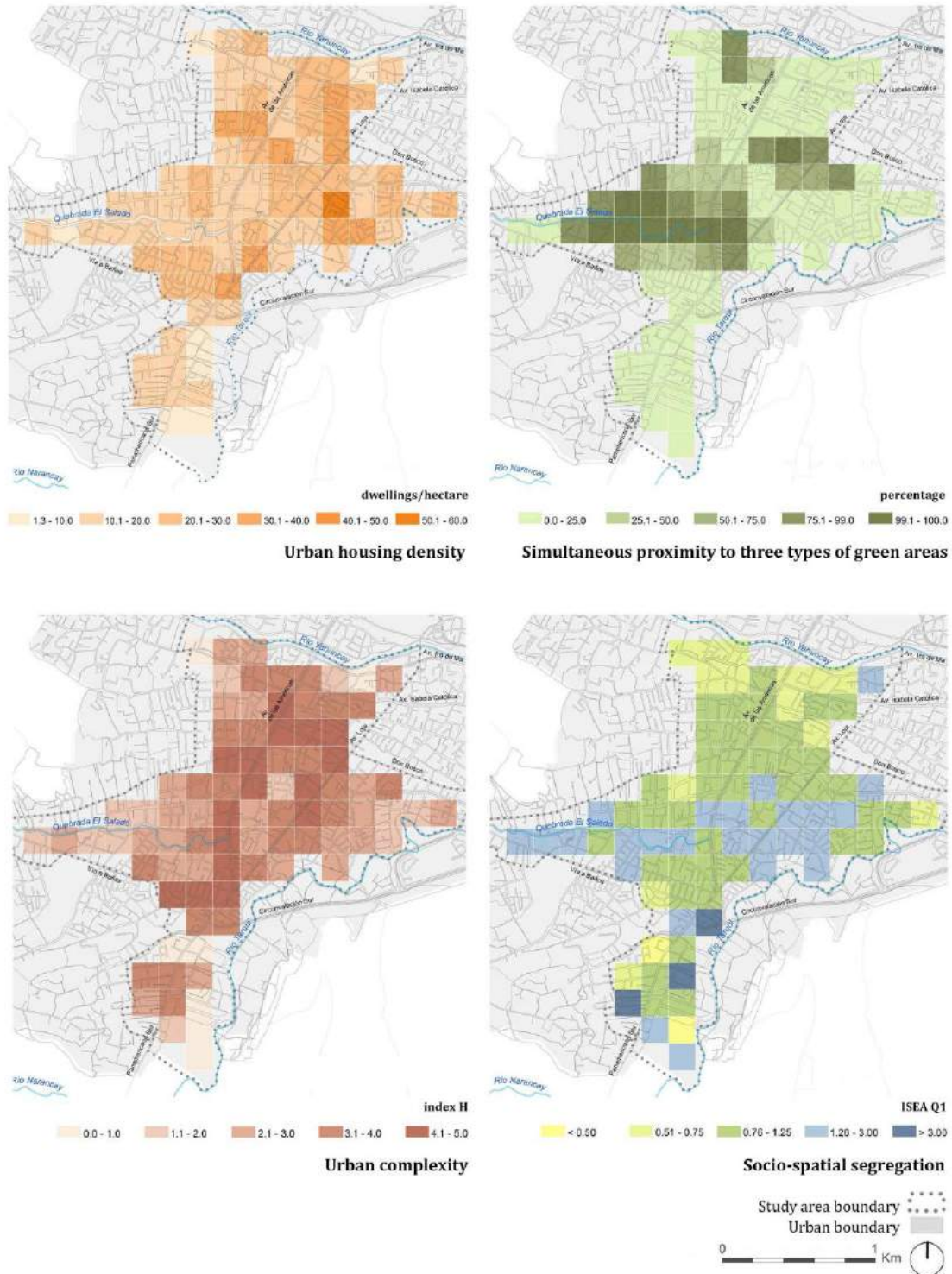


Figure 2. Spatial representation of indicators

3. AUTOMATION

The calculation of the indicators and the index is automated within GIS, using process flows that take data entry, stored inside geographic layers and tables, perform spatial aggregation operations, overlay, execute statistical calculation and produce results which

are referenced to each grid cell (Fig. 3). A tool for calculating each indicator and a tool for calculating the Sustainable Urban Densification Index using ArcGIS 10.3 has been implemented. These tools are clustered in a "Toolbox" and can be executed through a friendly graphical user interface or through a command line that allows greater flexibility.

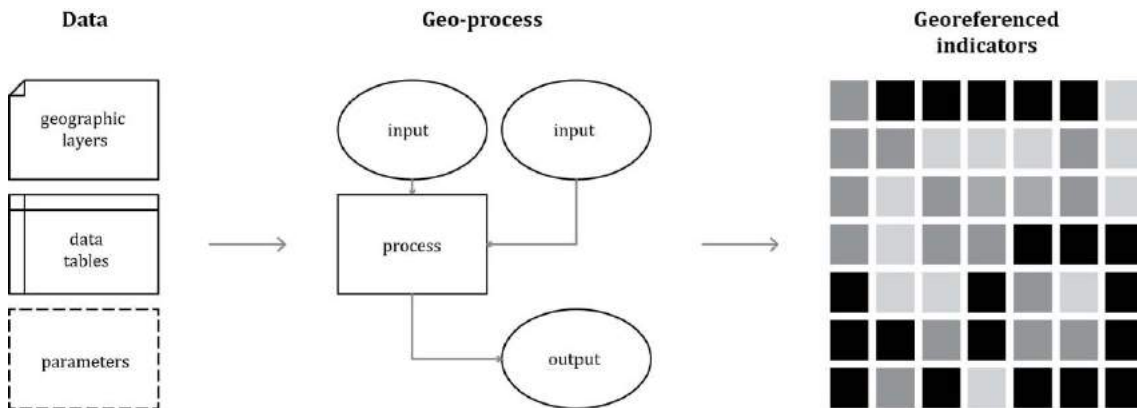


Figure 3. Schematic of process automation

To use the tools, a data structure is required so the names and locations of the input files should be standardized according to a table in the Toolbox. Table 3 shows an example of the input data required for the calculation of an indicator.

Table 3. Required information for calculating the indicator "Percentage of households in narrow circumstances"

Indicator	List of data needed with the required name	Description
Percentage of households in narrow circumstances	Malla_200x200.shp	Shape with the grid of 200x200m. Each cell must be assigned with a code.
	Manzanas_Condiciones_Vida.shp	Shape with blocks, whose attribute table contains the number of total dwellings and the number of dwellings in narrow circumstances, considering four elements: construction quality, access to public services, education and health services affiliation (Orellana & Osorio, 2014).

The files generated by each tool are automatically placed in a folder output structure depending on the indicator or index, which includes: a) the original files of each indicator; b) the intermediate files generated by geo-processes; and c) the final file that corresponds to the spatial representation of the values obtained for each indicator (Fig. 4).

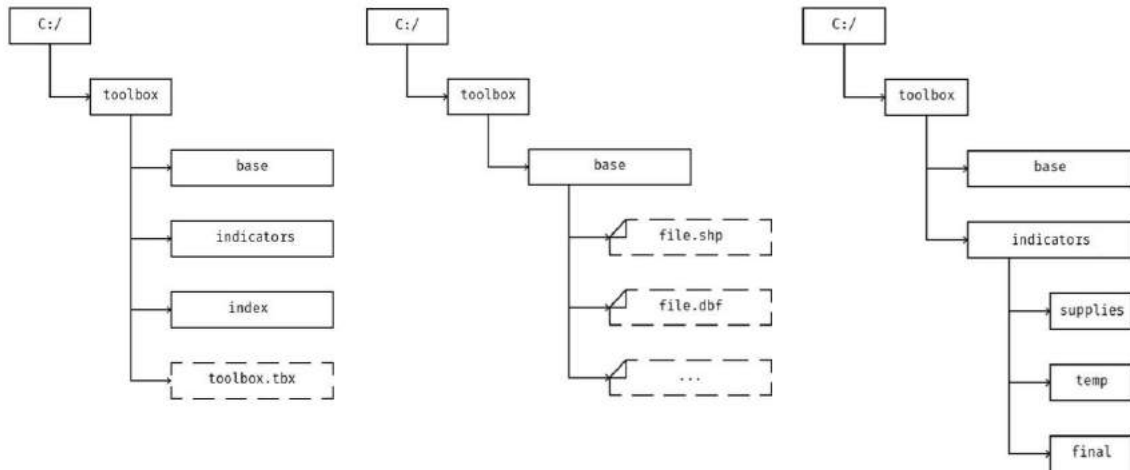


Figure 4. Organization of the information required for automation

To calculate the index, results of 9 indicators are required; therefore it is necessary to run the tools to calculate each indicator first. In order to facilitate the use of the Toolbox, each automation process is accompanied by a management protocol -a detailed explanation of each indicator and suggested representation ranges-.

4. CONCLUSIONS

This automation process by using geographic information systems, aims to facilitate the evaluation of urban sustainability in terms of densification in different cities, using the same methodology, which allows comparison between different cities or different areas within the same city. The most important requirement of the proposed approach is the availability of the necessary input data, so the indicators intend -as far as possible- to use secondary sources available in local government, to avoid obtaining data in field. Therefore the result is partly dependent on the quality of information available, which is highly variable for Latin American cases.

The proposed Toolbox has been developed in such a way that allows the parameterization of the calculations and representation ranges, enabling the adaptation of the optimum values for different assessment approaches. This feature makes it a useful tool for a well informed and evidence based debate about different ways of assessing the parameters that affect sustainability, especially in terms of densification.

The Toolbox, a set of demonstration data, a tutorial and research documents are publicly available to all individuals and institutions. The next step in this line of work consists of the implementation of this tool in open source software as an effort to democratize access and use of information and public debate on the decision-making around our urban spaces.

REFERENCES

- Agencia de Ecología Urbana de Barcelona & Red de Redes de Desarrollo Local Sostenible. 2009. *Sistema de indicadores y condicionantes para ciudades grandes y medianas*. Barcelona: Gobierno de España.
- Arbury, J. 2005. *From urban sprawl to compact city. An analysis of urban growth management in Auckland*. Auckland: University of Auckland.

- Cabrera, N., Orellana, D., Hermida, A. & Osorio, P. 2015. Assessing the sustainability of urban density. Indicators in the case of Cuenca (Ecuador). *Bitácora Urbano Territorial* 25 (2): 21-34.
- Chueca, F. 2011. *Breve historia del urbanismo*. Madrid: Alianza.
- Hermida, A., Orellana, D., Cabrera, N., Osorio, P. & Calle, C. 2015a. *La ciudad es esto. Medición y representación espacial para ciudades compactas sustentables*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Hermida, A., Hermida, C., Cabrera, N. & Calle, C. 2015b. La densidad urbana como variable de análisis de la ciudad. El caso de Cuenca, Ecuador. *Revista EURE* 41(124): 25-44.
- Lehmann, S. 2010. Green Urbanism: Formulating a Series of Holistic Principles. *SAPIENS* 3(2). Retrieved from: <https://sapiens.revues.org/1057>
- London Data Store. 2015. London Squared Map. *After the flood*. Retrieved from: <http://aftertheflood.co/projects/london-squared-map>
- Olaya, V. 2011. *Sistemas de Información Geográfica*. Retrieved from: ftp://ftp.ehu.es/cidira/profs/iipbaiza/Libro_SIG.pdf
- Openshaw, S. 1981. The modifiable area unit problem. *Quantitative geography a British view* 35: 60-70.
- Orellana, D. & Osorio, P. 2014. Segregación socio-espacial urbana en Cuenca, Ecuador. *Analitika, Revista de Análisis Estadístico* 8(2): 27-38.
- Rueda, S. (ed.) 2008. *Plan Especial de Indicadores de Sustentabilidad Ambiental de la Actividad Urbanística de Sevilla*. Retrieved from: <http://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0681581.pdf>



Development of a retrofitting tool for classrooms

Manuel Alejandro Inostroza Pinares

Universidad del Bío-Bío, Facultad de Arquitectura, Construcción y Diseño, Concepcion, Chile
manuel.inost@gmail.com

Jeremy Michael Piggot Navarrete

Universidad del Bío-Bío, Facultad de Arquitectura, Construcción y Diseño, Concepcion, Chile
jeremy.piggot@gmail.com

María Beatriz Piderit Moreno

Universidad del Bío-Bío, Facultad de Arquitectura, Construcción y Diseño, Concepcion, Chile
mpiderit@ubiobio.cl

ABSTRACT: Several investigations have led to understand how architecture and the environmental surrounding such as natural lighting, thermal performance, and air quality influence on learning processes and are the key to provide comfort for the students. The purpose of this research is to study the application of different energy retrofitting strategies in classrooms of the city of Concepción, Chile. The main objective was to develop a tool for the classification of existing classrooms according to their level of energy efficiency to subsequently provide different strategies to retrofit those classrooms. In the first stage the influence of different architectural elements for the environmental comfort and energy demand was defined, also, the different results of the energy simulation developed in EnergyPlus to a typological classroom where analyzed. Then the modifiable variables were determined in order to select those that influence the energy consumption of the classroom in a more effective manner, such as the orientation, thermal envelop, airtightness, type of glassing and percentage of window surface. Subsequently, retrofitting strategies based on levels of architectural intervention and retrofitting costs were proposed, materials costs were recorded in the market, considering transport and installation of those materials. After that, the costs saving in the energy consumption that the application of each strategy would generate and recovery that their application would generate was determined; as a result, an interactive and easy to use tool was created. In just a couple of steps it is possible to see some alternatives of intervention provided by the tool to retrofit a certain classroom. This provides the user with a tool that compares the current situation of a classroom with a more energy-efficient situation.

Key words *Retrofitting Energy Demand Concepcion Schools Tool*

1. INTRODUCTION

Several studies have shown that achieving environmental comfort in classrooms has a positive impact on the well-being and health of the students (Sensharma, Woods & Goodwin, 1998; Bluysen 2014). Children spend much of their time in the classroom, therefore, we as architects must design schools focused on achieving a high environmental standard, offering the best environmental conditions for their development, and at the same time, reduce the energy demand generated.

In the environmental-energetic context of the schools in Chile, studies have proved that their environmental conditions are poor, with poor thermal conditions and an inadequate quality of the air inside the classrooms (Armijo, Whitman & Casals, 2011; Trebilcock et al., 2012); There is no thermal regulation which ensures basic conditions for environmental comfort in classrooms and there are limited publications related to the design of classrooms applicable to the design of new facilities. (GEEEduc, Trebilcock et al., 2012). The General standard of Construction and Urbanism of Chile establishes that schools located south of latitude 36 ° S, as is the case of Concepcion, must have heating systems; However most of the schools in Concepcion do not use such systems due to budget considerations, which aggravates their thermal conditions, especially in winter. Recent studies which were developed in different cities of Chile to measure the operating temperature and the comfort conditions of students inside the classroom allowed us to conclude that the interior temperature is below the appropriate conditions in the vast majority of classrooms (Trebilcock; Piderit, 2016).

There is a high number of schools that require to be retrofitted to improve their interior conditions and lead to a full learning environment. Within this context this assessment is made with the objective of creating the basis for energy retrofitting, as a support tool for professionals who work on the improvement of environmental conditions in schools. The objective is to progress in the development of sustainable schools in Chile which are characterized by a lower energy consumption and environmental comfort, achieving heat comfort, quality light and air standards.

2. METHODOLOGY

2.1 Retrofitting of school classrooms

It is essential to advance in the retrofitting of schools in a sustainable manner to support energy architectural interventions, focusing on three aspects of the sustainability design: Indoor environment, welfare of the students and economic sustainability.

The main objective is to develop a tool that supports architects or managers of schools when the time comes to decide what to do during the stage of retrofitting. Based on a predefined type of classroom different passive design strategies for energy retrofitting of existing classrooms are incorporated. Energy evaluation results allow us to develop a classification of the energy demand of a typological classroom for Concepcion.

According to the value of the energetic demand, the tool offers systematically different retrofitting options, by means of different passive strategies. The initial cost of the intervention and the amount of time required to recover the investment were evaluated for each of them.

This research is carried out in the geographical center of continental Chile, in the city of Concepción, located at 36 ° 47's and 73 ° W at fifteen meters of average altitude above the level of the sea, which is part of the climate area called "South Coast", which is characterized as a costal climate, with frequent rainfall and warm to cool temperatures (Meteorological service Chile, 2012).

2.2 Definition of a typological classroom

The development of the tool is based on a typological classroom of 54 m² made with reinforced masonry in which various design parameters are modified in order to improve the environmental comfort and reduce its energy demand.

The energy demand simulation results of 4800 dynamic combinations of classrooms performed by the CITEC UBB for the "guide of energy efficiency for schools" are considered in this assessment. These simulations were made in an integrated way considering the heating, cooling and lighting demands at the same time. The optimization software "GenOpt" was used in addition to the "Energy Plus" software for the energy simulation of each of the classrooms using the respective climatic data of Concepcion.

The energy demand simulation outcomes are determined by the orientation of the classroom, the thermal characteristics of its crystals, the percentage of the window panes surface, the thermal envelope type and the hermeticity. The value of the energy demand is determined by how external conditions interact with the building, either in a positive or negative manner. Table 1 shows the different design parameters used for the demand calculation in the typological classroom. (Geeeduc, Citec, Ubb, 2012).

Table 1: Design variables (source: Trebilcock & Piderit, 2016).

Design parameters	Variable
Orientation of the classroom	North, South, East, West
Percentage of window panes surface/ Classroom base surface	20% - 23%
Type of glass	Simple - Double - Double (Low emissivity)
Hermeticity - N50 Factor (ach)	0.5 - 1.5 - 2.5
Thermal envelope	A-B-C-D-E

2.3 Energetic evaluation of a classroom in Concepcion

Studying the classroom simulation outcomes, the parameters which have more influence on the energy demand can be defined. In Figure 1 we see that "Hermeticity or air tightness of the envelope" is the most influential parameter and it is related to the presence of hidden cracks which allow air to flow through the envelope of the classroom causing heat loss. Also the orientation of the classroom becomes relevant within the value of its total

energy demand since it is the variable that has the most influence in the decrease of the artificial light demand.

In the case of the thermal envelope the influence is also very significant, especially in the cities of the South of the country, in the case of Concepcion an efficient thermal envelope with a good insulating capacity (low U value) is highly recommendable to keep the heating demand lower than other cases. The type of glass and the percentage of window panes surface do not generate a significant influence in the energy demand of the building, but they can be easily modified to generate some valuable Kwh/m² when it is desired to make a difference by decreasing the thermal demand. (Geeeduc, Citec, Ubb, 2012).

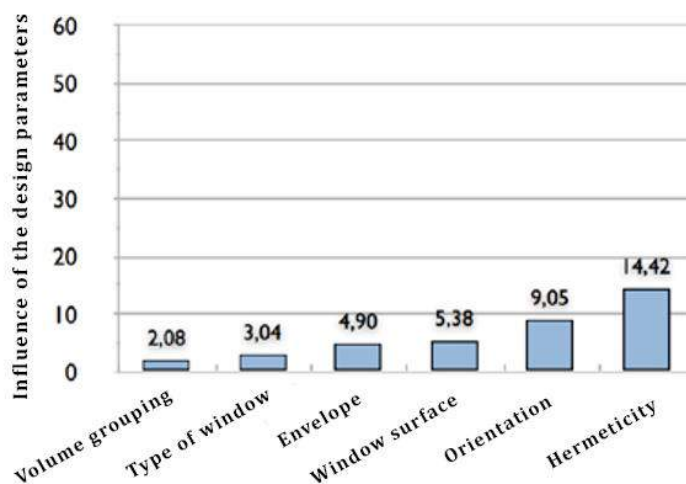


Figure 1: Influence of the design parameters in Concepcion (Source: GEEEduc, UBB Citec)

Regarding the energy demand (Kwh/m²), the evaluations determines that in Concepción, the demand for heating has a 69.6% of influence, the lighting demand is also important having 30% of influence on the total demand and the cooling demand has almost 0% of influence because the average temperature never reaches a higher level than the thermal comfort (Geeeduc , Citec, Ubb, 2012)

3. RESULTS

3.1 Retrofitting tool for classrooms

The retrofitting tool for classrooms is developed with the collected information, and as mentioned above, it aims to support the design and implementation of improvements that enable a better use of energy in schools. This tool allows the users to make important decisions related to retrofitting strategies and it also helps to quantify the energy consumption currently generated by the analyzed classroom, furthermore, the tool proposes different improvement strategies that lead to a more efficient use of energy, demonstrating the economic viability of the implementation of the proposed strategies.

Each one of the improvement strategies mentioned in the tool are related to the incorporation of different kinds of materials on the envelope and windows of the analyzed classroom, therefore, the mentioned economic viability considers a comparison between the initial cost of materials including labor of the different construction processes, and the cost savings obtained monthly because of the reduction of the total energy demand.

3.2 Application of the tool

The tool is developed in a PowerPoint (.pptx) file which incorporates all the data obtained and classified in different stages, this allows the user to analyze the retrofitting of a classroom in a systematically and simple manner with a simple and didactic language for a clear understanding; The different tool stages are explained in the following paragraphs.

3.3 Initial diagnosis of the classroom

Initially the tool provides a diagnosis stage where the user must answer some questions in order to be aware of the current situation of the classroom and the characteristics of the case that it is desired to evaluate. At this stage, the user should select the alternatives that reflect the conditions of the analyzed classroom according to the following characteristics: orientation, envelope type, airtightness, window panes surface and the type of glass. It is possible to see some examples of this in Fig. 2

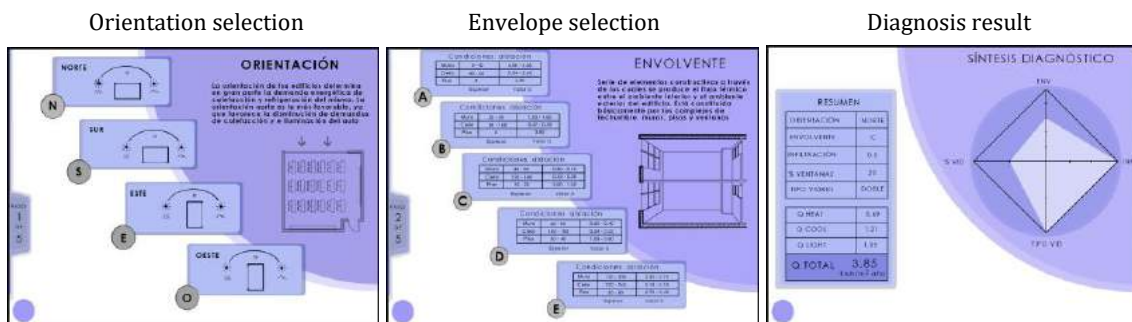


Figure 2. Process of selection of classroom conditions in the diagnosis stage of the tool
 (Source: Authors)

As the different options are shown, the tool explains each one of them, for example, for the option "choice of type of thermal envelope" 5 options are offered (Envelope A-B-C-D-E), according to a classification of thermal envelopes made by the "UBB Citec" considering the thickness and the position of the thermal insulation in the different constructive elements (table 2). For the walls and floor insulation expanded polystyrene is considered, and for the roof insulation mineral wool is considered.

Table 2: Classification of thermal envelopes (Source: UBB Citec 2012)

Elements	Envelope A		Envelope B		Envelope C		Envelope D		Envelope E	
	Thicknes s mm	U Value W/m ² °C	Thickness mm	U Value W/m ² °C	Thickness mm	U Value W/m ² °C	Thicknes s mm	U Value W/m ² °C	Thicknes s mm	U Value W/m ² °C
WALL	0-10	4.00- 2.00	20-30	1.5-1.00	40-50	60-90	60-90	0.60-0.40	130-200	0.30-0.19
CEILING	40-60	0.84- 0.60	80-100	0.47- 0.38	120-140	160-180	160-180	0.24-0.22	220-260	0.18-0.15
FLOOR	0	3.80	0	3.80	010-20	2.00-1.50	30-40	1.00-0.80	50-80	0.70-0.45

It is essential to be aware of the current conditions of the thermal envelope of the analyzed classroom since, in order to operate efficiently in a city such as Concepcion the classroom should be able to conserve heat and prevent heat losses especially in the coldest periods of the year.

The airtightness as mentioned above, is the most important parameter in Concepcion, since it strongly influences the energy heating demand. regarding this parameter the tool offers three options of hermeticity (infiltration of air) into the classroom 2.5 ach - 1.5 ach - 0.5 ach (ach: air changes per hour). The value of air changes per hour is used, among the other parameters, for the energy evaluation of classrooms but there is a problem, the airtightness is probably the most difficult parameter to analyze in the classroom since it depends on a great number of factors related to hidden cracks in the enclosure, pressure differentials and temperature differentials between the inner and outer spaces. Therefore the tool questions the user, and according to the answers, it calculates an approximate amount of air renewals within the classroom.

The questions made by the tool are intended to evaluate the presence of cracks or fissures in wall-floor and wall-ceiling joints; the presence of cracks or poor door-frame and window-frame element joints. Table 3 shows the criteria used for the definition of the hermeticity values, a simplification is made to be able to add it to the tool.

Table 3: Criteria utilized for calculation for classroom air infiltration

Criteria	Airtightness (Infiltration, Air changes per hour)
Doors, windows and joints do not present any deterioration that generate air infiltration	0,5 ach
Joints between walls, ceilings and floors are in good condition, but doors and windows, or both, exhibit damage	1,5 ach
Joints between walls-ceiling, wall-floor, joints of window with glass or wall frames and door joints exhibit damage that generates air infiltration	2,5 ach

The size of the window panes surface of the classroom generates a positive effect on the visual comfort of students and at the same time reduces the need for artificial lighting. In Concepcion the standard requires that the window panes surface must be greater than 20% of the total base area of the classroom. The user must indicate if the percentage of window pane surface of the classroom is 20% or higher for the purposes of the calculation of energy demand.

The type of glass is responsible for approximately 15% of heat loss in the classroom, therefore the user should indicate if the analyzed classroom has simple or double glass, depending on the answer, the tool will take a different U value of the glass to perform the energy calculation.

Finally, when all the classroom characteristics are identified in the diagnosis stage, the tool will generate an annual energy demand calculation of the classroom. The next stage, will present different energy retrofitting proposals.

3.4 Proposals for energetic retrofitting strategies

After obtaining the energy demand the tool advances to the phase of energy retrofitting, where it shows the current condition of the classroom (A) and offer 3 different improvement proposals (1, 2 and 3) to some of the current features of the classroom and reduce the energy demand (see Figure 3).

The 1st proposal considers improving the thermal envelope by increasing the thermal insulation in walls, floor and ceiling of the classroom. The 2nd proposal considers improving the thermal envelope and in the airtightness of the classroom, therefore besides the increasing of thermal insulation, the joints between walls, ceiling, floor, windows and doors will be improved to reduce the air infiltration. The 3rd proposal considers the improvement of thermal envelope, airtightness and change the simple glass to a double glass type if the classroom still does not have that type of windows. Since the tool offers retrofitting proposals, the morphology of the classroom or building will never be modified.

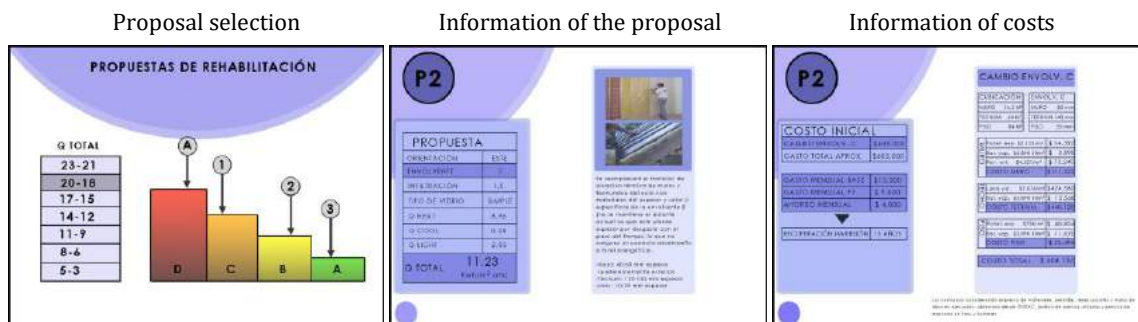


Figure 3. Proposal selection.
(Source: Authors)

3.5 Economic evaluation of the energy saving

Once a proposal is chosen the tool allows the user to be aware of the economic costs that the incorporation of such proposal will entail with the objective of generating an analysis of the monetary value of its incorporation and the time in which the school would recover the investment due to the generated energy savings. The time that it will take for the classroom to recover the investment varies from 7.5 to 15 years depending on the current conditions of the classroom and the chosen improvement proposal, this amount of time should be considered quite acceptable considering that, after that time, all energy savings generated are a monetary gain for the analyzed educational establishment.

When all the proposal information is provided the user can evaluate different intervention strategies and decide which of these to implement in the classroom, always considering

the most convenient option based on the initial monetary investment and the energy demand reduction of the classroom.

It is important to mention that using this tool the user may quantify the monetary saving, for example, if the current total energy demand of a classroom is 23 (Kwh / m² Year) and the considered classroom base surface is 54 m² the of demand values will be the following: (table 4)

Table 4: Cost of the demand values (Source: Authors)

DEMAND	By m ² / year	By classroom (54 m ²)	Monthly by classroom (Year = 10 months use)
	23 Kwh/m ² by year	1242 Kwh/ year	124,2 Kwh / Month
Price (in UF) Approx. Value Kwh = 0.01 UF UF= 39.83 US\$ (Approx.)	0.23 UF/ m ² by year	12.42 UF/ year by classroom	1.24 UF / Month by classroom

3.6 Costs of proposals considered

In order to inform the correct price of the proposal intervention, different materials information was collected, for every proposals the tool details the material and cost of the incorporation.

For the costs calculation associated to the implementation of envelope improvements the considered materials include sheets of expanded polystyrene of different thicknesses (depending on the type of envelope required) as thermal insulation, a moisture barrier and an exterior coating with fastener elements when the thermal insulation is integrated on the outside of the walls and, glass wool of different thicknesses with their respective moisture barrier are contemplated as roof insulation.

For the costs calculation associated to the implementation of improvements in the hermeticity of the classroom the considered materials include glazing gaskets, weatherstrip for double contact, polyurethane foam, an internal glass bumper seal and felt for the windows. For the doors a wooden frame, neutral silicone, polyurethane elastic seals, a bottom weatherstripping seals and a gasket seal are considered. In the wall joints polyurethane foam, structural neutral silicone, expanded polystyrene cornice and a self-adhesive tape are considered.

Finally for the calculation of costs related to the change of the simple glass window of the classroom to a thermopanel double glazed window with inner airtight chamber and a PVC frame that ensures good hermeticity for the construction are considered.

Within all the calculated costs labor, a margin of material loss and legal documentation are considered, all the above data was obtained from the document "Analysis of Unit Prices" and different construction material manuals, generating a database that is pertinent to the use of the tool.

Once the diagnosis and proposals stages are finalized a summary table is generated with the current monthly expenditure, monthly expenditure of the proposal, monthly savings, and the recovery time of the investment, the table can be downloaded in PDF format.

4. CONCLUSIONS

The application of this tool provides viable and quantifiable solutions to actual problems of educational architecture in Chile. Its use is intended to refurbish existing educational spaces by decreasing energy demands and increasing the comfort of students inside the classroom. Additionally it also provides improvements in the design of new educational spaces that enables users to test different alternatives in a certain analyzed classroom unless they are already built, providing information in a simple manner with the objective that users are not limited by lack of knowledge about certain terms or mentioned results, the latter encourages massive knowledge related to energy efficiency and the retrofitting of educational establishments

By means of the correct implementation and use of this tool, not only the energy expenditure related to the educational area would be considerably decreased, but in addition to improving the conditions of classrooms built an increase in the productivity of the students would be generated, which is directly related to the decrease of the interferences generated by the deficiencies of the interior conditions such as infiltrations of air, deficiencies in natural lighting and very high or very low temperatures.

As this tool continues to be developed, its scope will not have limitations because it will be possible to continue to expand the variable spectrum to consider, for example to incorporate information about the type of frame and artificial lighting of the establishment, with the purpose of delivering a more accurate diagnosis and results. In addition, it could expand its area of use, integrating thermal dynamic simulations and climate data of different cities of the country, making it possible for the tool to be applicable not only in Concepcion but also in many other cities.

4. ACKNOWLEDGEMENT

This research is developed with students who are doing the last year of the career at the Architecture School of the University of Bío-Bío and carried out with the support of the Group of research in architecture and sustainable building of the University of Bío-Bío.

REFERENCES

- BASF The Chemical Company, 2008 *La Eficiencia Energética es la fuente de energía del futuro*, Hanover
- CITEC UBB, 2012, *Guía de eficiencia energética en establecimientos educacionales*, Concepción
- CITEC UBB, 2012, *Manual de diseño pasivo y eficiencia energética en edificios públicos*, Concepción
- CITEC UBB, DECON UC, 2014, *Manual de hermeticidad al aire de edificaciones*, Concepción
- CNE, Comisión Nacional de Energía, (2010) Santiago
- FENERCOM, 2008, *Guía de rehabilitación de edificios de vivienda*, Madrid
- IDAE, 2010, *Guía práctica de la energía para la rehabilitación de edificios*, Madrid
- Programa Chile sustentable, 2013, *Chile, Energía en Chile ¿Para qué y para quién?*, Santiago
- Proyecto Foncedyt 11121608 ILUMINA, 2014, Concepción
- www.acee.cl Agencia Chilena de la Eficiencia Energética
- www.igdigital.cl Información económica de Chile
- www.tutiempo.net Datos climáticos de todas las ciudades de Chile



O SBTool como base conceitual para retrofit de edifícios multifamiliares

Rhaina Fornaciari

Federal University of Espírito Santo, Planning and Project Laboratory, Vitória (ES), Brazil
rhainafornaciari@hotmail.com

Márcia Bissoli-Dalvi

Federal University of Espírito Santo, Planning and Project Laboratory, Vitória (ES), Brazil
marciabissoli@gmail.com

Cristina Engel de Alvarez

Federal University of Espírito Santo, Planning and Project Laboratory, Vitória (ES), Brazil
engelalvarez@hotmail.com

ABSTRACT: Diante da crise energética e da constatação de que a indústria da construção civil é uma das principais consumidoras de recursos naturais e grande geradora de resíduos, intensificou-se a busca por práticas mais sustentáveis nesse setor. As técnicas de reaproveitamento das edificações existentes – como o *retrofit* –, são um caminho para a valorização e modernização dos edifícios construídos. As ferramentas de avaliação de sustentabilidade surgiram como alternativas para estimular a melhora do desempenho das edificações e contribuir para o incremento dos preceitos sustentáveis. Esta pesquisa teve por objetivo analisar a aplicabilidade da ferramenta *SBTool* (*Sustainable Building Tools*) como base conceitual para projeto de *retrofit* de edificações multifamiliares em Vitória (ES). A metodologia utilizada foi dividida em duas etapas principais: 1. conversão dos parâmetros avaliativos das ferramentas em diretrizes projetuais com análise da viabilidade de aplicação de cada uma delas e; 2. estudo da possibilidade de uso da ferramenta para a avaliação dos edifícios. Os resultados apontaram que o *SBTool* é um importante instrumento a ser utilizado como subsídio para proposição de projetos sustentáveis, pois fornece diretrizes que auxiliam os projetistas em vários aspectos, como redução do consumo de recursos e busca por conforto e segurança dos usuários. Mesmo o uso do *SBTool*, enquanto ferramenta de avaliação esbarra em problemas como a dificuldade de obtenção de dados que, muitas vezes, não estão disponibilizados para os projetistas brasileiros. No entanto, sua flexibilidade e adaptabilidade o tornam eficiente para ser utilizado como base conceitual no desenvolvimento de uma metodologia de classificação adequada à realidade local.

Keywords *Retrofit. SBTool. Assessment tool. Sustainability.*

1. INTRODUÇÃO

O reconhecimento da importância das soluções que visam à eficiência na construção civil tem se difundido por quase todo o mundo. Nos últimos anos, foram incrementados no mercado edifícios que passaram a ser projetados de forma consciente e responsável, e os princípios sustentáveis estão sendo pouco a pouco incorporados ao ato de projetar, fazendo da sustentabilidade um conceito de planejamento, e não somente característica de projetos especiais. Entretanto, se faz necessário não apenas pensar novas construções para serem mais eficientes como, também, o aproveitamento de edifícios existentes em substituição à demolição e à construção de novos (Zamborlini-Waldetario, 2009).

O *retrofit*, entendido como processo de interferir em uma benfeitoria que foi executada em padrões inadequados às necessidades atuais (Qualharini, 2000), pode transformar um prédio antigo e já deteriorado em um edifício revitalizado e com aspecto novo, recuperando estruturas desgastadas pelo tempo, aumentando sua vida útil e reduzindo custos com manutenção. As melhorias podem, ainda, possibilitar maior conforto, segurança e funcionalidade para os usuários e reduzir o consumo energético, tornando-os mais eficientes (Gonçalves & Duarte, 2006).

A modernização de construções antigas deve buscar soluções alicerçadas no conceito da sustentabilidade, revertendo o papel do edifício no contexto urbano, ou seja, transformando-o de um elemento oneroso para uma edificação contribuinte com a condição ambiental da sociedade (Zamborlini-Waldetario, 2009).

Desde a crise energética da década de 1970 vem sendo desenvolvidas muitas pesquisas para propor diretrizes que contribuam para a idealização de projetos e construções que gerem menos impactos ambientais, econômicos e sociais. Nesse contexto, já na década de 1990, surgiram as ferramentas de avaliação da sustentabilidade. Elas começaram a ser desenvolvidas por duas razões principais: para verificar o real desempenho ambiental dos edifícios “ecológicos”, e pela percepção de que a classificação de desempenho junto a esquemas de certificação poderia configurar-se um meio eficiente de se melhorar o desempenho ambiental dos edifícios, sejam eles novos ou existentes (Silva et al. 2003; Souza, 2008).

Compreendendo a necessidade de aproveitar os edifícios existentes incorporando aos mesmos estratégias sustentáveis, é imprescindível avançar na prática do *retrofit*. As ferramentas de avaliação de sustentabilidade podem configurar-se como facilitadoras desse processo. Assim, o objetivo dessa pesquisa foi avaliar o potencial do uso da ferramenta *SBTool* para auxiliar em projetos de *retrofit* em um estudo de caso envolvendo edificações multifamiliares na cidade de Vitória (ES).

2. METODOLOGIA

Para alcançar o objetivo pretendido a metodologia adotada consistiu preliminarmente na revisão bibliográfica que permeou todas as outras etapas metodológicas. As demais etapas seguem detalhadas.

Etapa 1 - Seleção da ferramenta de avaliação ambiental adequada para aplicação em retrofit de edifícios residenciais multifamiliares. Para tanto foram utilizados documentos técnicos disponíveis nos sites oficiais dos sistemas de avaliação de sustentabilidade em edifícios, bem como em publicações referentes ao assunto como dissertações, teses e publicações científicas;

Etapa 2 - Proposição de diretrizes sustentáveis para retrofit, com base nos critérios e indicadores estabelecidos pela ferramenta de avaliação escolhida;

Etapa 3 - Escolha do estudo de caso, sendo previamente estabelecido um condomínio multifamiliar construído de forma tradicional, sem preocupações com aspectos da sustentabilidade. O estudo de caso possibilitou simular a aplicação do SBTool;

Etapa 4 - Análise da aplicabilidade das diretrizes propostas através de ensaio projetual; e

Etapa 5 - Análise da viabilidade de utilização do SBTool como ferramenta de avaliação da sustentabilidade.

3. A FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO E AS DIRETRIZES PROJETUAIS

Foram pesquisadas as características gerais das principais ferramentas com acesso livre – AQUA, GREEN STAR, SBAT e SBTool. Optou-se pelo uso do SBTool por sua flexibilidade, abrangência, reconhecimento a nível internacional e por ser considerada a base de outras ferramentas, como por exemplo a ASUS – Avaliação da Sustentabilidade – desenvolvida pelo Laboratório de Planejamento e Projetos (Souza, 2008).

O sistema SBTool Generic é uma ferramenta genérica para avaliação de desempenho de edifícios que pode ser utilizada como base para desenvolver um sistema de classificação adequado para uma variedade de locais, condições e tipos de construção. Pode ser aplicado em grandes projetos ou em edifícios individuais, de uso residencial, comercial ou misto, novos, em construção, ou renovações. A ferramenta abrange uma ampla gama de questões de construção sustentável, e não apenas o Green Building. O número de critérios que podem ser ativados varia de 14 à 120. Entretanto, a ferramenta possui quatro opções de escopo genéricos, que determinam um número de critérios ativos, mas que podem ser modificados. Para esta pesquisa considerou-se o *Maximum scope*, que contém todos os critérios que foram totalmente desenvolvidos com *benchmarks* e que podem ser efetivamente utilizados para avaliações (Internacional..., 2012).

O SBTool avalia o desempenho em relação à sustentabilidade através das seguintes categorias: A – Regeneração e desenvolvimento do sítio, projeto urbano e infraestrutura; B – Energia e consumo de recursos; C – Cargas ambientais; D – Qualidade do ambiente interior; E – Qualidade de serviços; F – Aspectos de percepção, sociais e culturais; e G – Aspectos econômicos e de custos (Internacional..., 2012). O quadro 1 contém as diretrizes propostas por meio da análise dos critérios de avaliação do SBTool. Essas diretrizes podem ser utilizadas tanto para novos projetos como renovações e para variadas escalas de projeto e tipos de uso.

Quadro 1: Diretrizes para construção sustentável, com base nos critérios de avaliação do *SBTool*. Fonte: Adaptado de *International...*, 2012.

A - Regeneração do sítio e desenvolvimento, desenho urbano e infra estrutura
<ul style="list-style-type: none">• Tratar solo, águas subterrâneas, ou água de superfície que possam estar contaminados;• Sombrear edifícios com árvores de folha caduca;• Usar vegetação para proporcionar refrigeração ao ambiente exterior;• Reduzir as necessidades de irrigação através do uso de plantas nativas;• Disponibilizar espaços abertos ao público;• Disponibilizar área de recreação infantil adequadas;• Disponibilizar ciclovias e estacionamentos adequados;• Disponibilizar calçadas adequadas para uso dos pedestres;• Maximizar a eficiência do uso da terra através do desenvolvimento da densidade;• Reduzir a necessidade de transporte através da disponibilidade de usos mistos;• Determinar a orientação do(s) edifícios de modo a incentivar um potencial solar passivo;• Determinar a orientação e localização do(s) edifícios de modo a favorecer a ventilação natural do edifício durante as estações quentes;• Determinar a orientação e localização do(s) edifícios de modo a favorecer a ventilação natural do edifício durante as estações frias;• Possibilitar a coleta e triagem adequadas de resíduos não-orgânicos;• Disponibilizar serviços de divisão de água cinza / potável;• Disponibilizar sistema de gestão de águas da superfície;• Tratar águas pluviais e águas cinzas no local;• Tratar os líquidos de resíduos sanitários no local;• Desencorajar o uso de veículos particulares por ocupantes e usuários;• Maximizar a conectividade das ruas em projetos de grande escala, para fornecer aos usuários uma escolha de rotas e criar uma vida comunitária mais ativa;• Disponibilizar vias de acesso e instalações para transporte de mercadorias ou de entregas; e• Disponibilizar iluminação exterior de qualidade.
B - Consumo de energia e recursos
<ul style="list-style-type: none">• Minimizar a energia não renovável incorporada nos materiais de construção;• Minimizar a energia não renovável utilizada em toda fase de operação do edifício;• Diminuir o pico de demanda elétrica para operação do edifício;• Reutilizar ao máximo a estrutura existente, onde disponível;• Utilizar de maneira eficiente o material da estrutura e os componentes do envelope, reduzindo o peso dessas estruturas;• Disponibilizar um sistema de gestão de águas de superfície;• Reduzir a utilização de materiais de acabamento;• Reduzir o uso de água necessário por ocupante durante operação;• Reduzir o uso da água para fins de irrigação; e• Reduzir o uso de água para os equipamentos dos sistemas prediais.
C - Cargas ambientais
<ul style="list-style-type: none">• Minimizar as emissões de gases de efeito estufa pela energia incorporada nos materiais de construção primários;• Minimizar as emissões de gases de efeito estufa pela energia incorporada nos materiais de construção utilizados para a manutenção ou substituição;• Minimizar as emissões de gases de efeito estufa pela energia utilizada na fase de operação do edifício;• Minimizar as emissões de gases de efeito estufa pela energia primária utilizada para o transporte de pessoas relacionadas com o projeto;• Reduzir as emissões de substâncias que empobrecem a camada de ozônio durante a fase de operação do edifício;• Minimizar as emissões de acidificantes durante a fase de operação do edifício;• Minimizar as emissões que conduzem a foto-oxidação durante a fase de operação do edifício;• Fornecer instalações para armazenamento de resíduos em cada andar, e espaço para a central de triagem e armazenamento de resíduos, com acesso a uma área de carregamento de caminhões;

- Minimizar o volume de água residual, incluindo efluentes, que são tratados fora do sítio;
- Recargar as águas subterrâneas;
- Manter ou aumentar a biodiversidade do sítio;
- Reduzir o impacto das condições excessivas de vento perto do piso térreo de edifícios altos;
- Garantir que a altura ou localização do edifício no sítio não degrada significativamente o acesso à luz natural direta de um edifício existente ou em futuras propriedades adjacentes;
- Amenizar o impacto de grandes populações do edifício sobre a eficiência das operações dos sistemas de transportes públicos;
- Minimizar o impacto de veículos particulares utilizados pelos usuários do edifício sobre a capacidade de carga do sistema de vias locais em horário de pico;
- Desencorajar a seleção de terrenos para construção em que o risco de poluir um corpo de água adjacente é alta;
- Garantir que as operações de construção não provoquem mudanças térmicas cumulativa (anual) para água de lago ou aquíferos do subsolo;
- Garantir que a cobertura e as áreas pavimentadas ou paisagísticas não contribuirão para o aumento do efeito de ilhas de calor; e
- Minimizar o grau de poluição luminosa atmosférica causada pelo sistema de iluminação exterior.

D - Qualidade do ambiente interior

- Garantir que as zonas que contêm equipamentos ou atividades geradoras de poluentes químicos, sejam separadamente ventiladas e isoladas;
- Garantir que os ocupantes do edifício não serão expostos a níveis perigosos de mofo;
- Garantir que os ocupantes do interior do edifício não serão expostos a níveis nocivos de Compostos Voláteis Orgânicos (VOCs);
- Garantir que a concentração de dióxido de carbono permaneça abaixo do nível aceitável nas principais áreas de ocupação;
- Garantir no edifício naturalmente um elevado nível de qualidade do ar e ventilação durante as condições de Verão;
- Garantir no edifício naturalmente um elevado nível de qualidade do ar e ventilação durante as condições de Primavera/Outono;
- Garantir no edifício naturalmente um elevado nível de qualidade do ar e ventilação durante as condições de Inverno;
- Garantir que o movimento mecânico do ar seja suficiente para satisfazer os requerimentos de conforto humano;
- Garantir que o sistema de ventilação mecânica para ocupações não-residenciais trará ventilação para onde é necessário, como por exemplo áreas de estar, de trabalho ou de visitantes;
- Garantir temperatura do ar e umidade relativa apropriada em ocupações resfriadas mecanicamente;
- Garantir temperatura do ar adequada em ocupações com ventilação natural;
- Assegurar um nível adequado de iluminação natural nos principais espaços ocupados;
- Garantir que as condições de brilho sejam minimizadas nos principais espaços ocupados durante os períodos de brilho máximo exterior, através do uso de sombreamento exterior ou interior;
- Garantir níveis adequados de iluminação em áreas de trabalho;
- Atenuar o ruído através do envelope exterior;
- Garantir que os sistemas de climatização e salas de equipamentos sejam projetados para minimizar a transmissão de ruído para zonas de ocupação principal;
- Atenuar os ruídos entre as áreas de ocupação primárias; e
- Garantir que as ocupações primárias sejam projetadas para garantir um nível satisfatório de desempenho acústico.

E - Qualidade de serviços

- Garantir a segurança dos ocupantes dos edifícios altos em condições de saída de emergência devido a incêndio ou outro incidente grave que exija evacuação;
- Garantir a manutenção das funções do edifício fora das condições de projeto previstas para temperatura, chuva, energia e abastecimento de combustível;
- Garantir a segurança pessoal dos usuários no acesso e durante a utilização do edifício;
- Fornecer facilidades de acesso e instalações adequadas para entregas e descarga de mercadorias;
- Projetar um sistema de transporte vertical eficiente;

- Incentivar a utilização eficiente das áreas externas dos edifícios;
- Incentivar a utilização eficiente do espaço dentro dos edifícios;
- Garantir a eficácia do sistema de controle e gestão das instalações dos sistemas de construção, tais como HVAC, iluminação e sistemas de transporte vertical;
- Garantir a capacidade para funcionamento parcial dos sistemas de construção, tais como HVAC, iluminação e sistemas de transporte vertical;
- Garantir o controle local dos sistemas de iluminação;
- Garantir um grau máximo de controle pessoal sobre os sistemas de aquecimento, ventilação e iluminação;
- Permitir que os usuários do edifício possam modificar os sistemas técnicos de instalações
- Possibilitar a extensão horizontal ou vertical da estrutura;
- Assegurar que a localização e a capacidade de carga da estrutura ofereçam um grau de adaptabilidade para novas utilizações;
- Possibilitar a adaptabilidade através da construção de envelope e sistemas técnicos;
- Garantir que o edifício possa, no futuro, ser adaptado para funcionar com um combustível diferente do que o inicialmente previsto, ou para instalar sistemas fotovoltaicos;
- Garantir que todos os principais sistemas de construção ou instalação possam operar de acordo com a intenção do projeto;
- Facilitar a manutenção e o bom desempenho da envolvente do edifício para minimizar o risco de acumulação de humidade no invólucro do edifício;
- Utilizar materiais que têm uma longa vida útil; e
- Garantir que os sistemas elétricos e HVAC funcionem de acordo com o previsto em projeto, por meio de manuais técnicos disponibilizados aos usuários.

F - Aspectos sociais, culturais e de percepção

- Facilitar acesso para pessoas com mobilidade reduzida ao local e no interior do edifício;
- Permitir acesso à luz solar direta de áreas de unidades habitacionais;
- Garantir a privacidade visual nas principais áreas das unidades habitacionais;
- Possibilitar acesso a espaços privados abertos em unidades habitacionais;
- Garantir que o edifício a ser construído seja harmonioso em relação aos edifícios adjacentes;
- Incentivar a preservação do valor patrimonial dos edifícios existentes;
- Garantir que uma nova estrutura alta não prejudique a visão existente de corredores na área urbana;
- Permitir a existência de pontos de vista qualificados, fornecidos por nova estrutura de altura;
- Garantir que o deslocamento lateral nos andares superiores de edifícios altos não cause desconforto para os ocupantes; e
- Promover vistas de qualidade para um observador situado em um espaço interior de uma ocupação principal.

G - Aspectos econômicos e de custos

- Garantir que o custo do projeto esteja o mais próximo ao de um edifício de referência projetado de acordo com os padrões de práticas de capital aceitáveis;
- Garantir que o custo operação esteja o mais próximo ao de um edifício de referência projetado de acordo com os padrões de práticas de capital aceitáveis;
- Garantir um bom nível de custo total do ciclo de vida do projeto; e
- Permitir que as rendas ou os custos de unidades residenciais no projeto seja acessível para o mercado-alvo.

Como objeto para estudo de caso, foi escolhido o Condomínio Parque Residencial Universitário III (PRUIII), situado no Bairro Mata da Praia, em Vitória/ES. Apesar da localização privilegiada (proximidade com facilidades urbanas, tais como instituições de ensino, comércio e transporte público) o condomínio sofre com a desvalorização imobiliária de aproximadamente 30% em relação a prédios novos (Censo Imobiliário, 2014). Além disso por possuir quatro pavimentos e estar inserido em uma zona urbanística onde é permitido, no máximo, edificações de somente seis pavimentos, o argumento de demolição e substituição por outro edifício de maior porte torna-se economicamente insustentável. A escolha do PRU III é endossada pelo fato da sua tipologia ser frequentemente repetida por

todo bairro, podendo o estudo realizado ser replicado em outras situações semelhantes. Destaca-se ainda que, tendo sido construído na década de 1980, o PRU encontra-se desprovido de equipamentos ou sistemas que visem a melhoria das condições de conforto e economia de recursos hídricos ou energéticos.

Alicerçadas nas diretrizes projetuais baseadas na ferramenta, e também em outras análises realizadas (insolação, ventilação e observação *in loco*), foi proposta uma intervenção no condomínio objetivando maior conforto aos usuários aproximando também o edifício aos princípios da sustentabilidade. Observando os condicionantes definidos pela legislação, foram apresentadas melhorias relacionadas à proteção solar e seleção de materiais, uso eficiente de água e energia, lazer, paisagismo, acessibilidade, melhorias do ambiente interior, entre outros. A Figura 1 mostra o PRU III atualmente e com a intervenção proposta.



Figura 1: PRU III. Condições atuais e proposta.

4. RESULTADOS

Para a avaliação com o *SBTool* foi utilizada a versão 2012 *generic*, ou seja, não foram alterados a calibração, ponderação e peso dos critérios da ferramenta para adaptação à realidade local, devido à complexidade do processo e à necessidade de conhecimento ou dados específicos. A Figura 2 ilustra a comparação entre o nível de sustentabilidade atual do PRU III e como seria caso fossem implantadas as melhorias propostas.

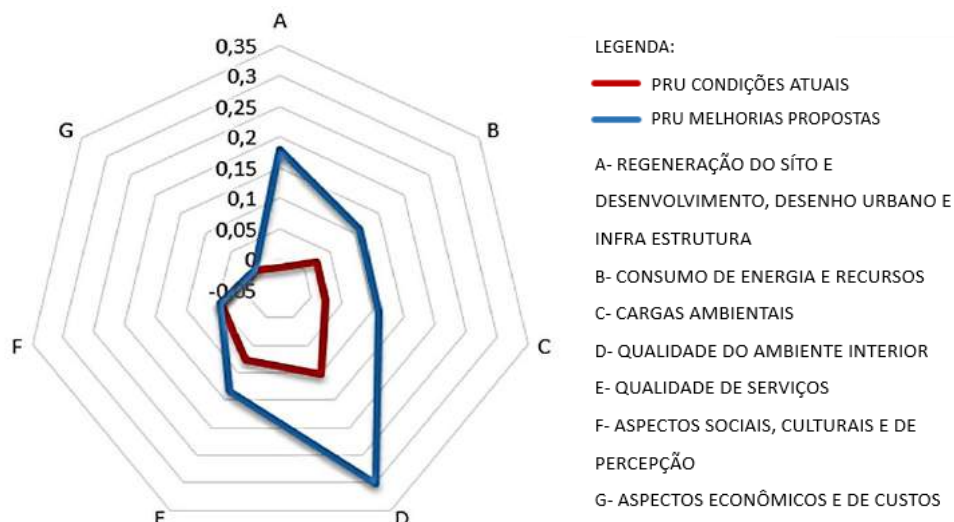


Figura 2. Resultado da aplicação do *SBTool* para o PRU III.

Sobre os resultados apresentados na Figura 2, ressalta-se:

- As intervenções propostas com base nas diretrizes projetuais derivada dos critérios de avaliação do *SBTool* configuraram-se como uma prática eficiente para melhorar o desempenho ambiental do PRU III;
- Não houve melhora na categoria F - Aspectos de percepção, sociais e culturais, pois os critérios levam em consideração, em sua maioria, aspectos relacionados à implantação e configuração volumétrica do edifício avaliado, o que não foi alterado na proposta projetual de *retrofit* do PRU III; e
- Na categoria G - Aspectos econômicos e de custos, são considerados os aspectos econômicos e de custo, que não foram contemplados por este trabalho. Os critérios não puderam ser avaliados e, portanto, não houve melhorias.

Para a aplicação do *SBTool* ao PRU III enquanto ferramenta de avaliação, realizou-se uma triagem nos critérios, sendo descartados aqueles que não poderiam ser avaliados (tabela2).

Tabela 2: Critérios não aplicados na avaliação com base na ferramenta *SBTool*.

Categoria	Quantidade de critérios	
	Total	Não avaliados
A	22	7
B	10	4
C	19	13
D	18	16
E	20	3
F	10	5
G	4	4
Total:	103	52

Em seguida foram analisadas as limitações que impediram a análise em relação a esses critérios, sendo categorizadas em três tipos: 1- limitações diretamente ligadas ao objeto de estudo e ao projeto de *retrofit*; 2 – limitações por falta de dados e 3 – outras. A Tabela 3 resume as justificativas pelas quais os critérios não puderam ser avaliados, bem como, quantas vezes isso ocorreu.

Tabela 3: Critérios não aplicados na avaliação com base na ferramenta *SBTool*.

Justificativa	Número de critérios
1 - Limitações referentes ao objeto de estudo	
Não se aplica ao projeto, por este não conter acúmulo de água	1
Não se aplica para projetos com área inferior à 25.000m ²	4
Aplicável para edifícios novos ou recente, com aproximadamente 5 anos	1
Aplicável apenas para grandes projetos, em especial para os afastados de núcleo urbano	1
Não aplicável para renovações que não implicarão em aumento do número de usuários	1
Não aplicável para projetos de renovação	1
Aplicável somente a projetos que possam provocar alterações em águas subterrâneas	1
O projeto não contempla atividades geradoras de poluentes químicos	1
Não será desenvolvido projeto para sistemas de climatização	3
Não aplicável para edifícios residenciais	4
Não se aplica a prédios com acesso por meio de escadas	1
Aplicável para edifício existente de valor patrimonial	1
Não aplicável para renovações que não implicarão em alteração na volumetria	2
Não aplicável para edifícios baixos	1
Não se aplica, pois, o projeto não contempla ventilação mecânica	3
Total	26

2 – Limitações por falta de dados	1
Necessita de auxílio de ferramenta para simulação da dinâmica computacional de fluidos	2
Base de dados não disponível (LCA)	1
Necessária base de dados não disponível (peso em kg e volume em m ³ da estrutura)	1
Necessária base de dados e/ou medição por método/ferramenta não disponível (consumo de água excluindo os equipamentos sanitários)	1
Necessária base de dados não disponível (emissões de co2, gee, cfc-11, so2 e eteno)	6
Necessária base de dados e/ou medição por método/ferramenta não disponível (recarregamento anual das águas subterrâneas)	1
Necessária base de dados e/ou medição por método/ferramenta não disponível (refletância)	1
Necessária base de dados e/ou medição por método/ ferramenta não disponível (taxa de troca de ar no ambiente)	3
Total	24
3 – Outras limitações	1
Não se aplica, pois a energia hidroelétrica é considerada renovável	1
Não se aplica pois nesta pesquisa não foram considerados aspectos relacionados a custos	4
Total	6

Observa-se que entre todos os critérios não aplicados, 50% não podem ser avaliados devido às particularidades específicas do objeto, no caso o PRUIII. Assim, conclui-se que a flexibilidade, que possibilita ao projetista ativar e desativar critérios, é uma característica importante do *SBTool*.

Entretanto, parte significativa dos critérios não puderam ser considerados na avaliação devido à falta de dados disponíveis. Muitos exigem métodos, como simulação computacional de fluidos, ou dados de emissões ao longo do Ciclo de Vida (ACV), que não são de fácil acesso aos projetistas brasileiros. Isso pode resultar em lacunas no processo de avaliação de um edifício. Um exemplo foram as categorias C - cargas ambientais - e D - qualidade do ambiente interior, onde cerca de 45% de todos os critérios não foram considerados por não terem dados disponíveis. Contudo, o gráfico do resultado da aplicação do *SBTool* apresenta uma significativa melhora nessas categorias. Isso pode induzir à conclusão de que o edifício tem ótimo desempenho nesses quesitos, porém, caso fossem considerados todos os critérios da categoria, os resultados poderiam indicar um resultado diferente.

Em ferramentas que não disponibilizam os dados de saídas por categoria, os resultados poderiam ser ainda mais divergentes da real situação do edifício. Isso porque, em níveis gerais, o objeto avaliado poderia apresentar uma excelente classificação, porém, apresentar graves deficiências em categorias inteiras

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O *SBTool* mostrou-se um importante instrumento à ser utilizado quando o objetivo é a proposição de construções mais sustentáveis, seja para novos edifícios ou *retrofits*. Ele pode fornecer diretrizes que auxiliam os projetistas em vários aspectos, como a redução do consumo de recursos e a garantia de conforto e segurança aos usuários.

As intervenções propostas para o PRU III - com base nas diretrizes propostas através da análise dos critérios do *SBTool*- resultaram em melhorias que colaboram para qualidade de

vida e para o conforto dos moradores, além de estarem em melhor sintonia com o meio ambiente, como demonstrado pela avaliação feita com a ferramenta.

Porém, para o uso da ferramenta esbarra-se em problemas como a complexidade, a necessidade de envolver outros profissionais e métodos auxiliares para avaliação dos critérios, além da dificuldade de obtenção de dados. Essa carência de dados torna-se mais relevante em projetos de *retrofit*, visto que as informações sobre os edifícios construídos há muitos anos podem ser incompletas ou inexistentes. Na avaliação do PRU III aproximadamente 24% dos critérios do *SBTool* não puderam ser aplicados por falta de dados e 26% não foram considerados devido às características específicas do projeto. Esses resultados sugerem a necessidade de desenvolver uma metodologia de classificação adequada à realidade brasileira, considerando a disponibilidade de dados para os projetistas e as especificidades de um projeto de *retrofit*. A flexibilidade do *SBTool* e sua adaptabilidade sugerem que a ferramenta seja eficiente para ser utilizada como base conceitual no desenvolvimento dessa metodologia.

Por fim, pode-se concluir que o objetivo principal foi atingido, sendo analisada a viabilidade do uso do *SBTool* enquanto método auxiliar em projetos de *retrofit* para edifícios residenciais em Vitória (ES).

6. AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi desenvolvido a partir da pesquisa de iniciação científica “Avaliação do potencial de uso da técnica de *retrofit* para a ampliação da vida útil de condomínios residenciais em Vitória (ES)”. Os autores agradecem ao Fundo de apoio à Ciência e à Tecnologia de Vitória (FACITEC), e à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) pelo auxílio à pesquisa.

REFERÊNCIAS

- Gonçalves, J. C. S & Duarte, D.H.S. 2006. *Arquitetura Sustentável: uma integração entre ambiente. Projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, pratica e ensino*. Ambiente Construído, v.6, n. 4, p.51-82, 2006. Porto Alegre.
- International Initiative For Sustainable Building Environment – IISBE. *SBTool 2012 Description*. 2012. Disponível em: <<http://iisbe.org/sbtool-2012>>. Acesso em: 21/02/2016
- Qualharini, E., L. 2004. *Retrofit de construções: metodologia de avaliação*. In: Encontro Nacional De Tecnologia Do Ambiente Construído. São Paulo.
- Silva, V. G.; Silva, M. G. Agopyan, V. 2003. *Avaliação de edifícios no Brasil: da avaliação ambiental para a avaliação de sustentabilidade*. Ambiente Construído, v.3, n.3, p.7-18, jul.set. Porto Alegre.
- Sindicato da Indústria da Construção Civil no Estado do Espírito Santo. 2014. *25º Censo Imobiliário*. Vitória. Disponível em: <<http://www.sinduscon-es.com.br/v2/cgi-bin/conteudo.asp?menu2=55>>. Acesso em: 06/03/2016.
- Souza, A. D. S. 2008. *Ferramenta ASUS: proposta preliminar para avaliação da sustentabilidade de edifícios brasileiros a partir da base conceitual da SBTool*. 2009.178f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico. Vitória.
- Zamborlini-Waldetario, K. 2009. *Diretrizes para aplicação dos conceitos de sustentabilidade na reabilitação de edifícios em centros urbanos para fins de habitação de interesse popular: análise do programa morar no centro – Vitória (ES)*. 1983-Z24d. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Artes. Vitória.



Construction of indicators systems tool for making decision to related stormwater management problems

Sidnei Pereira da Silva

Federal University of Sao Carlos, Urban Water Systems Laboratory, Urban Engineering, Sao Carlos (SP), Brazil

sidneisa@gmail.com

Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira

Federal University of Sao Carlos, Urban Water Systems Laboratory, Urban Engineering, Sao Carlos (SP), Brazil

bernardo@ufscar.br

ABSTRACT: Large part of volume of water that reaches the river and drainage systems comes from runoff due to the waterproofing process of urban space and paving the riverbeds and streams. The management of cities should take into account the sustainability and for this, the indicators are important tools to aid decision making, use and land occupation, and thus avoid risk situations related to urban water. For selection of appropriate indicators was used multicriteria methods, based on the principles of sustainability and more sustainable urban drainage processes, such as urban low impact development. These indicators were used for the scenario development, through specific tool for monitoring and decision making of managers and responsible for the management of stormwater. This is the purpose of the design of the Support System for the Sustainable Management of Stormwater - SAMSAP, it is to generate a monitoring tool and decision support. With the use of software can be further expanded the scope of the models to include more variables and test alternatives, can simplify complex phenomena by eliminating everything that can be foreign to what needs to be studied. This tool will be applied experimentally in São Carlos / SP, because it is a city in which problems related to the management of rain waters are recurrent and have several data sources on the topic.

Keywords *Stormwater management, Urban Planning, Indicators of Sustainability, Decision-making tool.*

1. INTRODUCTION

Waters plays an important part in the urban areas, with the needs of service to different demands, questions concerning the quality, availability and flow of stormwater. The vulnerability to storm events in some cities is high, which aggravates poverty in the periphery. The biggest losses are not necessarily material, but social.

The urban water systems are characterized by complex environmental, economic and social interactions, forming delicate structures which are not always adequately assessed in urban developments in its implementation process. Faced with these problems, new approaches to treat urban development have been developed, as widely reported in the technical literature, integrating the principles of sustainability.

The sustainable management of stormwater is rapidly gaining acceptance. The increased interest is a response to the increasing development costs of new projects and infrastructure reconstruction, more stringent environmental regulations and to concerns about the impact of growth on natural resources. The strategy recognizes the relationship between the natural and the built environment, and seeks to manage the components in an integrated manner. The transition to more sustainable stormwater management is a slow process and each country must find its place in this process (Barbosa *et al*, 2012).

Major instruments related to sustainability are the indicators. The main pertinent characteristics to indicators are the ability to assess existing conditions and trends; the possibility of making comparisons in the temporal and spatial scales; the ability to assess conditions and trends in relation to the goals and objectives, the ability to provide warning information and to anticipate conditions and trends.

A Support System Decision -DSS, is an organized set of procedures, software, databases and devices used for support the decision-making related to a specific problem. The objective of most decision support systems is to assist on the topics analyzed in the stages of decision-making process.

The purpose of the design of the Support System for the Sustainable Management of Stormwater - SAMSAP, is to generate a monitoring tool and decision support. Based on sustainability indicators for monitoring issues related to the management of stormwater.

2. BACKGROUND

Even if unconsciously, the act of planning is old, especially the daily activities related to a life in society. According to (Souza, 2006, p21) "The act of planning refers to future actions, trying to predict a certain phenomenon and simulating the evolution of the process in an attempt to prevent the possible problems and difficulties, or enjoy best possible benefits."

From this premise, the emphasis of planning, ceases to be the search for the ideal city for a search for concrete and practical problem solving, establishing control instruments of urban processes over time.

The urbanization process in Brazil printed on regional development a mark characterized by peripheral expansion, the socio-spatial segregation and social and environmental inequality, resulting from the forms of precarious inclusion which were submitted broad layers of society (Maricato, 2001).

Because of erroneous planning methods, the cities of developing countries have a vast range of problems present throughout the urban network. With uncontrolled growth of urban centers, social problems and environmental imbalances increase, pointing to a future with low quality of life and severe environmental degradation (Rossetto, 2003).

The planning is a constant process that must be oriented vision for the future, taking into account the limits, restrictions and potential, and the ability to change direction when necessary and constant evaluation.

The urban water-related activities should be integrated into the own urban planning, including here the design of the urban fabric and its expansion, zoning activities, road and transport network, information flows, landscape features.

Shares located, carried out somewhere along the basin, can be felt kilometers away. All components of river basins are interconnected and rivers are the vectors of this integration. Because of this natural interconnection, watersheds are excellent planning and management units (Tucci *et al*, 2001).

2.1. Stormwater in urban areas

According to Pompeo (2000), in a general way, the floods are natural phenomena that occur periodically in watercourses due to high magnitude rainfall. The floods in urban areas can be caused by these intense rains wide payback period; or due to overflowing water courses caused by changes in the balance in the hydrological cycle in regions upstream of urban areas; or because of the very urbanization.

The impacts caused by floods are growing much due to anthropogenic changes in river basins and the progressive occupation of the natural flood areas. Urbanization changes the hydrologic cycle, changing their plots and the water balance of the basin. The chaotic urbanization associated with inappropriate land use, decreases the natural storage capacity of the run-offs. The solution adopted traditionally aimed at increasing the speed of flow with plumbing works and rectification of water courses (Canholi, 2005).

To Mascarenhas and Miguez (2007) the design of urban drainage should consider some local aspects, becoming only solution, and the replication of some successful experiences in countries, can lead to waste of money, social conflicts and environmental impacts, and solutions do not become effective. Thus, it is necessary to understand the growth and patterns of land use change, with the purpose of defining urban plans and flood controls that consider the environmental, cultural, social economically. Some urban issues and urban flooding common to developing countries are listed below:

- Large population growth in a short period of time;
- urbanization without planning and management;
- Disability in spatial coverage drainage, water supply, sanitation, and infrastructure wastewater treatment;
- Removal and disposal of inadequate solid waste;
- Lack of capacity for investment;
- Plans definition of need and guidelines for the management of urban drainage and qualification of municipal technical staff;

- Conflicts with respect to liabilities;
- legal and illegal occupations of risk areas of floods and landslides;
- Large number of occurrences water related diseases;
- Lack of public education and awareness programs, which often cause damage to flood control structures and have household waste in the streets and river banks.

To Tucci & Porto (2005) urban flooding is a chronic problem in Brazil, mainly due to inadequate project planning and management of drainage. The mistaken thinking reflects the preconceived idea that good drainage is one that allows you to quickly drain the precipitated water. The consequences of these misconceptions is an extremely high impact on society the environment. Thus, better drainage is one that manages the flow, in order to not produce impacts on site or downstream, using methods retention and infiltration of rainwater through more sustainable management techniques.

2.2. Sustainability Assessment

According Ness (2007) sustainable development has been incorporated into various levels of society in recent years. The US National Research Council (NCR, 1999) argues that there are three important components of sustainable development: what is to be sustained, what is to develop, and the inter-generational component. They identified three areas to be sustained: nature, support systems of life and the community. For what needs to be developed bring: people, society and the economy. The inter-generational component is critical because the specific objectives of sustainability must explicitly express the time horizon so that the objectives are achieved.

According Kasemir *et al* (2003) in the transition to a more sustainable situation, the objectives should be evaluated. Research evaluation methods, tools, indicators have shown that the approach can be based on numerous factors or categorized dimensions and thus, the following factors were considered (Ness, 2007):

- **Features of temporality**, that is, the tool evaluates the past development, or if it is used to predict future outcomes (oriented to change): as a policy change or an improvement in a production process.
- **Focus** (coverage areas), for example, if your focus is on the product level, or on the proposed change in policy.
- **Integration of nature-society systems**, i.e. to what extent the merger of environmental, social and economic aspects.

Sustainability is a process which involves the combination of three aspects of development of a country for the benefit of generations present and future: economic development, improving environmental quality and social equity, so the indicators are selected parameters and considered in isolation or combined, being especially useful to reflect on certain conditions of sustainability.

3. METODOLOGY

3.1 Indicators Selection

With interest in selecting indicators was applied multicriteria analysis methodology, which is the main feature of adding diverse and divergent criteria, and varying weights depending on the observed importance of each aspect in the overall analysis. The choice of indicators was performed using the Analytic Hierarchy Process (AHP), used as a technique for decision making structured in complex environments with using variables or criteria used for prioritizing and selecting alternatives.

The process is performed by decomposition of the problem using criteria that are compared and analyzed independently. After this hierarchical decomposition is built, it is the systematic comparative evaluation of alternatives by decision makers, two by two, to each of the criteria (Saaty, 2008).

For comparison is used to pair the relative importance scale between two alternatives proposed by Saaty (Saaty, 2005). Assigning values ranging from 1 to 9, the scale determines the relative importance of alternative with respect to each other, as shown in **Table 1**.

Table 1. Saaty.Scale

Numerical scale	Nominal scale	Justification
9	absolute importance	An indicator has absolute superiority over other indicator. That is, 9 times more important.
7	strong importance	One of the indicators has strong superiority compared to other indicator. Which was 7 times more important.
5	great importance	One of the indicators has great importance when compared to other indicator. That is, 5 times more important.
3	minor importance	One of the indicators is slightly more important than others in the criterion. That is 3 times more important.
1	Equally important	The two indicators are also relevant for the criterion

Source: Saaty, 2005

The multicriteria analysis through the Analytic Hierarchy Process was utilized as a method for structured decision making in complex environments using variables or criteria considered in the prioritization and selection of alternatives. This conversion capability of empirical data into mathematical models is the main difference from the AHP compared to other techniques (Vargas, 2010).

In this study, a prioritization of indicators for each of the problems related to the management of stormwater found in the literature was conducted. Initially, decomposition of the problems using the criteria to which they were compared was performed and analyzed independently. Therefore, the problem was used as the criteria for the comparison of indicators with the purpose to find the most appropriate indicator for monitoring each problem.

The priority was conducted by three evaluators, university professors and researchers that manage research in the areas of water management, stormwater and sustainability in the departments of environmental sciences, urban engineering and civil engineering of Federal University of Sao Carlos. To support the decision of the experts who participated in the choice,

four criteria were used: 1 - Relevance - The indicator should be relevant with respect to what one wants to observe, i.e. in relation to the problem to be monitored; 2 - Comparability - the indicator should be sensitive to observe changes and be comparable with respect to variations in time and space; 3 - Cost and Reliability - the indicator must have a reasonable cost of obtaining data, without losing reliability; 4 - Accessibility - the indicator should have an ease of communication and interpretation regarding the results. After this hierarchical decomposition was carried out a comparative systematic evaluation of alternatives by decision makers of two for each of the evaluated problems. This process was conducted by online questionnaire so that no response was influenced by the responses of the other experts. After obtaining the responses of experts was held an arithmetic average of the results and then held for the method.

3.2 System of drafting support for decision

A Decision Support System -SSD is an organized set of procedures, software, databases and devices used to support making specific decisions of a problem. The goal of most decision support systems is to watch on the topics analyzed in phases of decision-making.

Using software, you can expand the scope of the models to include more variables and test alternatives, can simplify complex phenomena by eliminating everything that can be foreign to what needs to be studied.

The purpose of the design of the Support System for the Sustainable Management of Stormwater - SAMSAP, is to generate a monitoring tool and decision support. Based the decision indicators will be used for monitoring of the problems related to the management of rainwater. Monitoring problems through indicators, we will have the opportunity to present trends and the possibility of assessing the situation over time. The logical sequence tool operation, initially, the user selects the priorities of the problems, this way you can know if the problems are relevant. In listing the problems will be separated by color, according to the priority: High (red), medium (yellow) or low (green) priority, as if the problem is not relevant to the municipality or study basin: no applies (gray). Then select the indicators for each related problem. At this point, the user will enter with the data / parameters available to analyze the evolution of the problem over time and if there is need for action or if the conditions are under control. This information will be saved so you can follow the evolution of the indicator and determine actions to solve expansion problems. You can print partial and full reports for study and presentation in team meetings.

For construction of the tool was used Visual Basic.NET, a programming object-oriented language, created by Microsoft and distributed with Visual Studio.NET. One of the advantages of this program is the tool developed can be applied in a Windows environment, making it easy to install and use.

The use of Visual Basic allows the assembly of the application modules; it facilitates the structuring tool. After this assembly requires the drafting of codes. The implementation of these codes is that they will carry out the activities necessary for the operation of the tool. In Visual Basic writing and implementation of these codes are simplified.

4. RESULTS

With the support of multi-criteria tool, it was possible to select 54 sustainability indicators, which in turn, were divided with regard to the problems directly related to the management of stormwater. The distribution was not equal, and some problems more indicators than others,

but the minimum amount was two indicators for a particular problem. As the research core is in a search for more sustainable solutions for the stormwater management, the problems were divided according to the five dimensions of sustainability: environmental, social, political, economic, cultural and technological or management.

Whereas the level of local development and its sustainability in a territory assumes a dynamic balance between the various dimensions that cross the lives of people, if you have here dimensions: **economic dimension** - involves the ability to articulate different actions that go beyond conventional relationships ; **social dimension** - respect the existing level of social cohesion in the community; **cultural dimension** - the knowledge and the identification of the community of their own history; **political dimension** - is related to the degree of autonomy of local groups in the management process and decision-making; **environmental dimension** - is the linking of experiences with respect to environmental characteristics of the territory.

Sustainability indicators were then used to build a decision support tool, SAMSAP - Support System for the Sustainable Management of Stormwater (**Table 2**). This tool will be able to monitor the problems based on information provided by the indicators over time. Data can be collected in the field or secondarily obtained through database of municipal, state or federal governments, academic publications, among others.

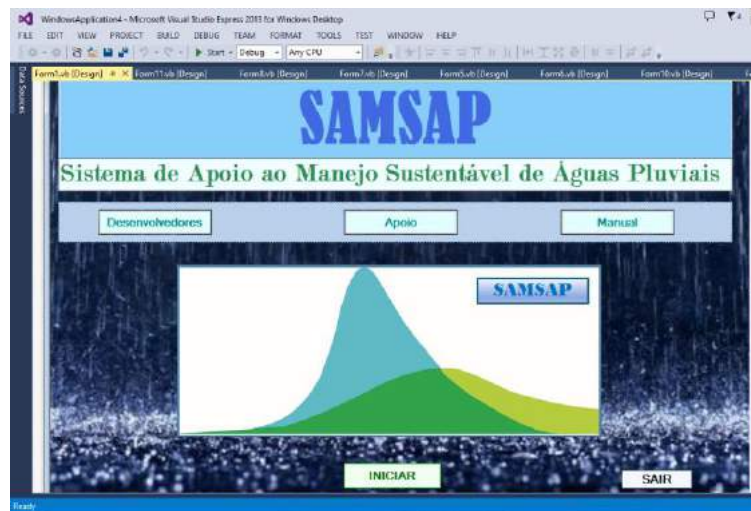


Figure 1. SAMSAP .homepage

Table 2. Indicators for the problems related to stormwater management.

Dimensions	Stormwater Management Related Problems	Indicators
Environmental	Increased soil waterproofing	Variation of peak flows due to rain
		Percentage of urban area built or waterproofed
		Percentage of increase of peak flows
	Decreased soil protection	Existence of legislation to charge or subsidize for permeable area reservation in lots or allotments
		Percentage of urban sprawl over time
		Percentage of urban areas with vegetation
	Physical interference in flow channels	Percentage of urban occupations in protected area
		Percentage of vegetation cover use in stormwater system
		Sedimentation rate of channels by dragged sediment
	Impact on quality of water resources	Extraction of sand and gravel installed in the basin (regular and irregular)
		Percentage length of restructured channels coated, buffered, rectified and expansion of channel
		Overtaking of frequency limits of quality standards
	Social	Deficit in services to the population
Single species indicator		
Percentage of area covered by the system		
Occupation of areas with risk of flooding or landslides		Coverage of the management of stormwater systems
		Service percentage of urban stormwater systems
		Municipal plan existence of emergency response to problems caused by rain
		Extension of the areas affected by floods and landslides that occur in the city
		Extension of the occupied area with risk register of floods and landslides in the city
		Percentage of affected families (displaced / injured / dead) by floods and landslides that occur in the city
		Own budget of existence (self-sufficiency financial)
Economic	Inadequacy budget	Effectiveness of the budget used in the stormwater system
		Investment per capita in urban drainage
		Reduction in revenues due to interruption of services and freight flow
Politic	Cost generated by deficiencies in the management of stormwater	Investment value for recovery of material losses from floods and landslides
		Estimated monthly production loss due to rain
		Existence of mechanisms for systematic evaluation by the user of the quality of the stormwater system services
	Deficiency in public participation	Existence of regular meetings between managers and the public to discuss problems related to the stormwater system
		Existence of municipal councils with public participation related to the management of stormwater
		Existence of public involvement in monitoring
	Normative deficiency	Existence of municipal legislation with the requirement of controlling the final destination of stormwater
		Existence of Master Plan management of regulated urban stormwater
	Deficiency in internal	Existence of periodic integration activities between sectors of urban management and maintenance teams and monitoring

	integration for management stormwater system	Existence of instruments for standardization of road projects to reduce interferences in the management of stormwater (Standards for paving, manuals with requirements for management of stormwater)
	Deficiency in intermunicipal articulation	Existence of inter-municipal programs for stormwater management Existence of periodic inter-municipal meetings related to the stormwater management
Cultural	Conceptions of stormwater systems that change the original water cycle	Percentage of area served by more sustainable techniques (Best Management Practice, Low Impact Development, others) Disconnected area percentage of conventional drainage systems.
	Disabilities in society education for the management of stormwater	Existence of projects / programs of awareness in schools, public and private institutions, and communities. Evaluation of the society perception of stormwater management
	Inadequate discharge and control of solid waste	Percentage of waste that is not destined for final disposal with the possibility of canals and pipelines silting Amount of releases of solid waste near canals and streams Volumes of solid waste causing obstruction of channels and ducts
Technical or management	Deficiency in technical qualification	Existence of specialized courses, training, and the qualification of technicians. Percentage of professionals periodically sent for professional qualifications
	Deficiencies in development of stormwater systems project	Existence of skilled workers with expertise in stormwater system projects Existence of flaws and inaccuracies in basic projects
	Deficiencies in the implementation of the stormwater system projects	Extended channels and galleries with interference from other systems of urban infrastructure Existence of skilled workers with expertise in the management of stormwater
	Deficiency in maintenance of the stormwater system.	Annual frequency of channels and pipe disruptions and clogging streams due to lack of maintenance Existence of preventive maintenance plans for channels Frequency of preventive maintenance plan execution Frequency of flow reduction by clogging of the channel due to lack of maintenance

5. CONCLUSIONS

Problems related to the management of storm water should be monitored to avoid disastrous consequences. The thought of merely drain the water to other locations is no longer viable, this will only transfer the problem to another area, it is necessary to rethink the mechanisms and propose more sustainable possibilities. It is also important to think about staff training to work in management. As well as the participation of the affected population is critical in decision making. The service should be universalized and preferably use techniques with less structural impacts. This tool can be useful in monitoring the problems related to the management of stormwater over time and with the management units watershed

REFERENCES

- Barbosa, A. E. Fernandes, J.N. David. L.M. 2012. Key issues for sustainable urban stormwater management. *Water Research*, 46. pp. 6787–6798
- Canholi, A. P., 2005. *Drenagem Urbana e Controle de Enchentes*. São Paulo: Oficina de Textos, 302p.
- Kasemir, B., Jaeger, C.C. and Jäger, J. 2003. Citizen Participation in Sustainability Assessments, in: B. Kasemir, B., J. Jäger, C.C. Jaeger and M.T. Gardner, *Public Participation in Sustainability Science*, Cambridge.
- Maricato, E. 2001. *Brasil, cidades: alternativas para a crise urbana*. Petrópolis, Vozes,
- Mascarenhas, F. C. B.; Miguez, M. G.. 2007. Multifunctional Landscapes for Urban Flood Control in Developing Countries. *International Journal on Sustainable Development and Planning*, v. 2, p. 37-49.
- National Research Council (NCR). 1999. *Our Common Journey: A Transition Toward Sustainability*. National Academy Press. Washington, D.C.
- Ness, B., E. Urbel-Piirsalu, S. Anderberg, and L. Olsson. 2007. Categorizing tools for sustainability assessment. *Ecological Economics* 60: 498-508. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.07.023>
- Pompêo, C. A. 2000. "Drenagem urbana sustentável". *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.5, n.1, p.15-23.
- Rossetto, A. M. 2003. *Proposta de um Sistema Integrado de Gestão Ambiental Urbana (SIGAU) para administração estratégica das cidades*. 133p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Departamento de Engenharia de produção. Universidade de Federal de Santa Catarina.
- Saaty, T. L. 2005. *Theory and Applications of the Analytic Network Process: Decision Making with Benefits, Opportunities, Costs, and Risks*. Pittsburgh: RWS Publications.
- Saaty, T. L. .2008.. *Relative Measurement and its Generalization in Decision Making: Why Pairwise Comparisons Are Central in Mathematics for the Measurement of Intangible Factors – The Analytic Hierarchy/Network Process*. Madrid: Review of the Royal Spanish Academy of Sciences, Series A, Mathematics. Available at <http://www.rac.es/ficheros/doc/00576.PDF>
- Souza, C.. 2006. Políticas públicas: uma revisão da literatura. *Sociologias*. n.16, pp. 20-45.
- Tucci, C. E. M. 2005. *Programa de drenagem sustentável: apoio ao desenvolvimento do manejo das águas pluviais urbanas - Versão 2.0*. Brasília: Ministério das Cidades.
- Tucci, C. E. M.; Porto, R. L. 2005. Storm hydrology and urban drainage. In: Tucci, C. *Humid Tropics Urban Drainage*, capítulo 4. UNESCO.
- Vargas, R. V. (2010). Using Analytical Hierarchy Process (AHP) to select and prioritize projects in a portfolio. Pp 8-31. In: *Analytical Hierarchy Process, Earned Value and other Project Management Themes – Second Edition*. 2015. 235pp



Proposta de Aprimoramento da ferramenta ISMAS Estudo de Caso: Madeira Plástica

Márcia Bissoli-Dalvi

Federal University of Espírito Santo, Planning and Project Laboratory, Vitória (ES), Brazil
marciabissoli@gmail.com

Caroline Proscholdt Zamboni

Federal University of Espírito Santo, Planning and Project Laboratory, Vitória (ES), Brazil
carolinezamboni@hotmail.com

Carolina Castilho Vizeu

Federal University of Espírito Santo, Planning and Project Laboratory, Vitória (ES), Brazil
carolina.vizeu@gmail.com

Mirna Elias Gobbi

Federal University of Espírito Santo, Planning and Project Laboratory, Vitória (ES), Brazil
mirna.gobbi@gmail.com

Cristina Engel de Alvarez

Federal University of Espírito Santo, Planning and Project Laboratory, Vitória (ES), Brazil
cristina.engel@ufes.br

RESUMO: Atualmente é essencial para profissionais ligados à construção civil a busca do conhecimento sobre os aspectos de sustentabilidade, em particular o conhecimento inerente aos materiais. Desta forma, a utilização de instrumentos que ajudam a selecionar materiais emergiu neste contexto como uma ferramenta facilitadora no processo projetual. Assim, este artigo teve como objetivo utilizar uma ferramenta de seleção de materiais, ISMAS - Ferramenta para seleção de materiais mais sustentáveis, que está em fase de aperfeiçoamento, para analisar a sustentabilidade da madeira plástica ou compósito termoplástico. Destaca-se que esse mesmo material já foi testado na etapa anterior de aprimoramento da ferramenta e foi possível avaliar seu desempenho em relação aos critérios adotados inicialmente. A metodologia foi baseada na revisão da literatura, e foi usado como as principais referências a ferramenta de avaliação e softwares de seleção de materiais guiada por parâmetros sustentáveis. Após o aprimoramento da ferramenta foi realizado testes com a madeira plástica. Como um resultado disso, o desempenho da madeira plástica obtida foi de 0,27 graus em uma gama que varia entre -1 e 1, fornecida na ferramenta. O teste também pode detectar que a madeira plástica tem características que o tornam um material promissor quando avaliados no aspecto da sustentabilidade.

Palavras-chave ferramentas de avaliação, ISMAS, seleção de material, sustentabilidade, madeira plástica

1. INTRODUÇÃO

O consumo crescente de produtos, juntamente com o crescimento populacional e as mudanças no estilo de vida em muitas partes do mundo causam a exploração e degradação desenfreada dos recursos naturais, bem como danos que, muitas vezes, são irremediáveis ao planeta (Cellura; Longo; Mistretta, 2011). O uso dos recursos naturais acima da capacidade de regeneração se tornou um dos principais desafios do século XXI, sendo um problema tanto ecológico quanto econômico e social. Nesse contexto, a sustentabilidade surge como uma necessidade da relação mais harmoniosa entre homem e natureza (Fernandes et al., 2015).

Os projetos arquitetônicos têm buscado, cada vez mais, o protagonismo dos critérios de bioclimatismo e sustentabilidade (Guerra; Santos, 2008), tidos como inerentes ao conceito da denominada “boa arquitetura”. A escolha dos materiais durante as diversas fases do projeto é de fundamental importância para a implementação de tais pressupostos. Para tanto, é importante que os profissionais tenham conhecimento sobre os materiais que serão selecionados (Bissoli-Dalvi, 2014). A seleção pode afetar positiva ou negativamente o desempenho das edificações e uma seleção inadequada pode gerar resultados como a baixa qualidade do empreendimento ou o não cumprimento com os requisitos mínimos estabelecidos por normas (Karade; Chakraborty, 2012). Por outro lado, a seleção correta dos materiais visa oferecer o máximo de desempenho da edificação (Bissoli-Dalvi et al., 2015).

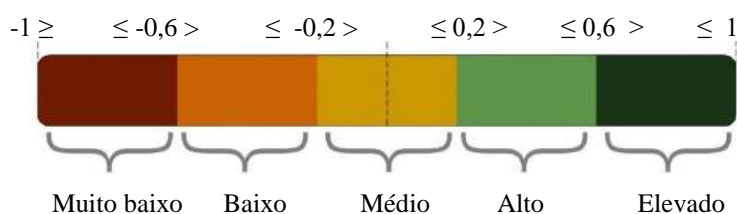
Existe uma tendência dos projetistas em selecionar materiais usados tradicionalmente, seja por já conhecerem suas qualidades, ou pela facilidade de encontrar mão de obra para sua efetiva aplicação na obra. Porém, nos últimos anos, essa tendência tem mudado, e os profissionais têm procurado novos materiais e processos que possuam tecnologias atualizadas e que sejam de qualidade igual ou superior a aqueles tradicionais (Jahan et al., 2010). Existem no mercado produtos e projetos que ampliam conceitos, técnicas e materiais embasados na sustentabilidade. Especificamente no âmbito da construção civil, foram criados nos últimos anos ferramentas de avaliação de sustentabilidade em diversos países, que cooperam também com a seleção de materiais. Elas têm como objetivo, entre outros aspectos, a redução do impacto ambiental além de promover o *marketing* para os empreendimentos que se submetem aos processos de avaliações e certificações (Bortolini; Bissoli-Dalvi; Alvarez, 2015).

As ferramentas de avaliação distinguem-se de acordo com a região onde foram criadas, pois levam em conta fatores como clima, aspectos ambientais e viabilidade do mercado (Silva; Silva; Agopyan, 2001). Porém, algumas são utilizadas em locais diferentes daqueles em que foram criadas, sem a devida adaptação, levantando dúvidas sobre a validade da certificação. Além disso, a quantidade de critérios a serem avaliados tornam as ferramentas complexas, e em alguns casos, difíceis de serem mensuradas. Isto também acontece nas ferramentas que dão suporte à seleção de materiais. Diante da necessidade específica, foi desenvolvido o ISMAS - Instrumento de Seleção de Materiais mais Sustentáveis, por Bissoli-Dalvi (2014), que fornece uma avaliação com critérios simplificados, voltados especialmente para a realidade da Região Metropolitana de Vitória (ES-Brasil) para definir o índice de sustentabilidade dos materiais, sendo desenvolvido para a atuação tanto profissional quanto acadêmica.

O ISMAS contribui com benefícios significativos direcionando o projetista para a compreensão da sustentabilidade vinculada aos materiais de construção e a necessidade de especificá-los visando esse objetivo, e fornece como resultado de análise o índice de sustentabilidade do material que pode variar de muito baixo a elevado.

O objetivo deste artigo é aprimorar a ferramenta ISMAS e testar a madeira plástica com a ferramenta reformulada. Bissoli-Dalvi (2014) já assinalava a necessidade de aprimoramento da ferramenta para uma versão mais abrangente, adotando diferentes abordagens e envolvendo outros indicadores de sustentabilidade. No processo de aprimoramento da ferramenta ISMAS, foi selecionado um material específico como estudo de caso para o teste: a madeira plástica. O material foi escolhido principalmente por já ter sido avaliado anteriormente por este mesmo instrumento, tanto na tese de Bissoli-Dalvi (2014), quanto no artigo “*The sustainability of the materials under the approach of ISMAS*” (Bissoli-Dalvi, 2015). Para ambas avaliações foram utilizadas a versão original da ferramenta, obtetendo-se como resultado o índice elevado para sustentabilidade.

Figura 1: Possíveis resultados do índice de sustentabilidade propostos pelo ISMAS



Fonte: Bissoli-Dalvi, 2014, p. 133

A madeira sintética (WPC – *Wood-Plastic Composites*) também conhecida como madeira plástica ou madeira ecológica, surgiu como uma alternativa à própria madeira em várias de suas funções, sendo confeccionada em peças semelhantes a essas (American..., 2012; Molina, Carreira, Junior, 2014). Segundo Molina; Carreira; Junior (2014), trata-se de um composto proveniente da madeira e de materiais recicláveis como resíduos de diversos plásticos e fibras vegetais, obtido a partir de tecnologia industrial. Ainda segundo os autores, as vantagens do WPC se comparada a madeira serrada convencional é que ela não racha, não solta farpas, é mais resistente a corrosão, a pragas, cupins e roedores e não requer outros elementos de proteção, tais como vernizes e seladores. Outra vantagem que merece ser destacada é a excelente performance em ambientes úmidos e regiões litorâneas, pois a madeira plástica apesar de absorver umidade é mais resistente se comparada as madeiras convencionais (Molina; Carreira; Junior, 2014). As aplicações da madeira plástica são estudadas por diversos autores, sendo comumente utilizado para pisos internos, decks, cercas, esquadrias, corrimãos, guarda-corpos e mobiliário - bancos e mesas (Najafi; Hamidina; Tajvidi, 2006).

2. METODOLOGIA

Os procedimentos metodológicos se dividiram em duas etapas: a primeira foi a definição dos critérios completos que foram incorporados à ferramenta ISMAS, com o objetivo de torná-la mais abrangente, sem, contudo, prejudicar sua característica praticidade. A segunda etapa consistiu no teste da madeira plástica na ferramenta ISMAS já reformulada.

2.1 Definição dos novos critérios

O ISMAS, proposto inicialmente com uma estrutura conceitual composta por 30 critérios, foi posteriormente simplificado para somente 7 critérios, visto a verificação de inviabilidade de uma avaliação ampla concomitante ao processo de projeto (Bissoli-Dalvi, 2014). Para a definição dos elementos fundamentais, foram considerados os aspectos de maior relevância, através de uma minuciosa análise das agendas ambientais no âmbito global (Conferência..., 1995), nacional (Agenda 21..., 2004), local (Plano..., 2006; Agenda..., 2008), além de informações da *Agenda 21 on Sustainable Construction* (International, 1999), e da *Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries* (Agenda 21..., 2002).

O resultado dessa análise culminou no estabelecimento de duas principais categorias de avaliação: Economia de Matérias Primas e Geração e Gestão de Resíduos. Tal recorte foi efetuado considerando, principalmente, que o ISMAS estava sendo desenvolvido visando a aplicação especialmente para a realidade do Estado do Espírito Santo, embora fosse também perceptível que as prioridades estabelecidas para esse recorte territorial específico também seriam adequadas à maioria dos estados brasileiros. Contudo, verificou-se também que embora os critérios estabelecidos já auxiliassem o projetista na escolha de materiais mais sustentáveis, não eram suficientes para garantir uma escolha com maior embasamento conceitual. Assim, atendendo à necessidade de manutenção da característica praticidade da ferramenta, buscou-se inserir novos critérios que permitissem uma avaliação mais abrangente e adequada ao conceito de sustentabilidade.

Neste aspecto, foram percorridas 3 etapas. Na etapa 1 foi realizado um levantamento dos critérios relacionados ao tema materiais adotados nas ferramentas de avaliação de sustentabilidade reconhecidas no Brasil e mundialmente, que são: AQUA - Alta Qualidade Ambiental (Fundação..., 2007); ASUS - Avaliação de Sustentabilidade (Alvarez; Souza, 2011); BEAM PLUS (HK-BEAM..., 2004); BREEAM - *Building Research Establishment Environmental Assessment Method* (BREEAM, 2009); CASBEE - *Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency* (Japan..., acesso em 15 jan. 2016); GREEN STAR (GREEN..., 2008); HQE - *Haute Qualité Environnementale* (Guide..., 2011); LEED - *Leadership in Energy & Environmental Design* (LEED, 2009); SBAT - *Sustainable Building Assessment Tool* (Council..., acesso em 16 jan. 2016); e SBTOOL - *Sustainable Building Tool* (International... 2007).

Observa-se que os vários métodos existentes possuem particularidades, apresentando variações principalmente em relação às peculiaridades de cada lugar (BISSOLI-DALVI, 2014). Os dados obtidos foram complementados com o estudo das ferramentas de suporte para a seleção de materiais, tais como ATHENA (ATHENA, acesso em 12 jan. 2016); BEES (Lippiatt; Greig; Lavappa, 2009); DESIGN INSITE (DESIGN, 1996); ECO-IT (ECO-IT, acesso em 13 jan. 2016); ECO-QUANTUM (ECO-QUANTUM, acesso em 13 jan. 2016); ENVEST (Environmental..., acesso em 14 jan. 2016); GABI (GABI, acesso em 17 jan. 2016); MATERIA BRASIL (Materia, 2013); MATERIAL CONNEXION (Material..., 1997); MAT WEB (MATWEB, acesso em 16 jan. 2016); SIMA PRO (SIMAPRO, acesso em 12 jan. 2016); e STYLE PARK (STYLEPARK, 2007).

A lista com a seleção e sistematização das informações extraídas das duas fontes principais de pesquisa resultou em 52 critérios passíveis de serem utilizados na seleção de materiais. Optou-se por adotar como parâmetro de seleção o percentual de repetições dos critérios

nas referências analisadas na etapa 1, pressupondo que a maior quantidade de repetições significa a maior importância dada ao respectivo tema em relação aos demais. Assim, a etapa 2 consistiu na retomada da proposta inicial de estruturação da ferramenta ISMAS, onde constam os 30 critérios iniciais (Bissoli-Dalvi, 2014, p.117).

Na etapa 3 foi realizada a análise comparativa entre os 50 critérios obtidos na primeira etapa com os 30 propostos originalmente no ISMAS. O método de análise foi estabelecido a partir da frequência de ocorrência de um critério nas ferramentas de avaliação ambiental e nas ferramentas de auxílio na seleção de materiais, sendo então detectada a possibilidade de inclusão de 10 novos critérios à estrutura inicial do ISMAS, chegando-se a um quantitativo de 40.

Foram considerados relevantes os critérios que se repetiam em mais de 60% das ferramentas estudadas. Assim, a possibilidade de inclusão de um novo critério no ISMAS foi condicionada ao percentual de vezes em que este se repetiu nos estudos realizados. A etapa 4 consistiu em relacionar os 13 critérios que mais se repetiram nos estudos realizados considerando os três eixos fundamentais da sustentabilidade (social, econômico e ambiental) com o contexto das Agendas 21, agora com uma abordagem também ampliada (economia de matérias primas, geração e gestão de resíduos, redução do consumo de energia, eliminação ou redução das emissões atmosféricas e promoção da economia local e/ou geração de empregos). Sendo assim, através do recorte estabelecido, chegou-se a 4 critérios a serem adicionados à nova formatação da ferramenta ISMAS. Observa-se que a estrutura da ferramenta ISMAS é composta por critérios, cada qual com seu peso (de acordo com sua relevância e influência, nível e marcas de referência), que vão indicar, ao final, a pontuação obtida, ou seja, o índice de sustentabilidade do material.

3. RESULTADOS

3.1 Reformulação da Ferramenta ISMAS

A versão inicial do ISMAS possui sete critérios, que são: 1) É possível ser reaproveitado e adaptado para diferentes usos; 2) É renovável; 3) Dispensa materiais adicionais para acabamento; 4) Possui elementos reciclados; 5) A durabilidade independe da manutenção e ocasiona baixo impacto; 6) Favorece a desmontagem visando o reaproveitamento; 7) Favorece a baixa geração de resíduos. Após a etapa de reformulação da ferramenta, quatro novos critérios foram adicionados aos existentes, chegando-se a um total de onze critérios: 8) Utiliza o mínimo possível de água no processo de industrialização; 9) A procedência do material está próxima a obra; 10) Utiliza o mínimo possível de energia para produção; 11) Regularidade das empresas junto ao Governo Federal (Tab. 1). Com os novos critérios e os pesos redefinidos, a etapa seguinte foi determinar conceitualmente as marcas de referência, caracterizadas por uma abordagem qualitativa e por contribuírem para reduzir os impactos provocados pelos materiais de construção, bem como impulsionar a sustentabilidade em diferentes aspectos (Bissoli-Dalvi, 2014). Os sete critérios já existentes e detalhadamente explicitados em Bissoli-Dalvi (2014) foram complementados com os conceitos propostos para os quatro novos critérios.

Critério 8: Utiliza o mínimo possível de água no processo de industrialização

Apesar de não ser considerado um material no contexto da construção civil, a água exerce papel fundamental na construção de qualquer tipo de edificação, do início ao fim do empreendimento. Ela é um dos componentes mais importantes na produção dos diversos materiais de construção, tais como argamassas, polimento de porcelanato e cura do concreto (Souza, 2015). Estima-se que a quantidade de água gasta por m² de área construída é de 0.20 a 0.25 m³ (Rocha et al., 2011). Por ser a água um recurso limitado, é importante atentar para a quantidade utilizada não apenas em obra como, também, nas etapas de fabricação do material. Além disso, deve-se avaliar se essa água é descartada ou se é passível de ser reaproveitada.

Critério 9: A procedência do material está nas distâncias preestabelecidas

A distância entre o local de produção, de compra e de uso de um material pode variar consideravelmente, e quanto maior essa distância, mais impactos podem surgir. O uso de materiais locais favorece a redução das distâncias com o transporte, contribuindo também com a redução dos custos com energia incorporada, por exemplo, além do incentivo à economia local (Roaf; Fuentes; Thomas, 2009). Considerando que a ferramenta ISMAS tem como objetivo auxiliar o projetista na escolha dos materiais a serem utilizados, e levando em conta que a ferramenta busca ser rápida, simples e prática, de acordo com a realidade da região metropolitana de Vitória, foram estabelecidas relações de distância entre a capital do Espírito Santo, Vitória, e as demais localidades. A dificuldade em analisar todo o ciclo de vida do material desde a extração de todas as matérias primas até sua destinação final, na obra, fez surgir a necessidade de um recorte, sendo aqui considerada a etapa de produção do material até o destino onde será utilizado.

Critério 10: Utiliza o mínimo de energia para produção

Foi levado em consideração que, para um material ser produzido é necessário o uso de energia e que a matriz energética brasileira é majoritariamente proveniente das usinas hidrelétricas, ou seja, da água – um recurso finito – para sua produção. Sabendo também da dificuldade de mensurar a quantidade de energia gasta na produção e transporte do material até a obra, o ISMAS escolheu uma etapa de recorte que levou em consideração a etapa de produção do material para avaliar esse critério. Dessa forma, é preferível o uso de materiais que não necessitem, ou que precisem muito pouca energia na etapa de produção.

Critério 11: Regularidade das empresas junto ao Governo Federal

Incentivar o cumprimento dos direitos previdenciários do trabalhador e a não evasão fiscal são fatores relevantes para o cumprimento da função social que uma empresa deve oferecer (Alvarez; Souza, 2011). No Brasil, o Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas – CNPJ da Receita Federal é a identificação fiscal de entidades comerciais, ou prestadoras de serviço para o cumprimento das obrigações contributivas resultantes dos rendimentos auferidos de lucros. Ao consultar o CNPJ de uma empresa, é possível averiguar se uma empresa está em situação regular em relação às contribuições previdenciárias e aos débitos fiscais (Consulta CNPJ..., acesso em 30 maio 2016). A formalidade das organizações favorece o respeito aos direitos dos trabalhadores e à legislação ambiental, contribuindo com a melhoria da qualidade ambiental (Bissoli-Dalvi, 2014). Outra forma de avaliar a regularidade é através da Certidão Conjunta Negativa de Débitos Relativos a Tributos Federais e à Dívida Ativa da União. Essa certidão pode ser obtida na internet através do

número de CNPJ da empresa; ela serve para comprovar que a empresa está em condição regular em relação a Receita Federal e à dívida ativa da União (Certidão..., acesso em 09 jun. 2016).

Tabela 1. Estrutura reformulada do ISMAS

Critério	Peso	Nível	Marcas de referência
1- É possível ser reaproveitado e adaptado para diferentes usos	1	-1	O material não pode ser reaproveitado e adaptado a diferentes usos
		0	O material pode ser reaproveitado e adaptado para diferentes usos, contudo requer processamento industrial
		1	É possível ser reaproveitado com mínimo processamento
2- É renovável	4	-1	Os elementos que constituem o material e são de fonte renovável ou abundantes estão presentes em quantidades mínimas
		0	Aproximadamente a metade dos elementos que compõem o material são de fonte renovável ou matérias primas abundantes
		1	Todo o material é de fonte renovável ou constituído por matérias primas abundantes
3- Dispensa materiais adicionais para acabamento	0,5	-1	Não atendimento ao requisito mínimo estabelecido para o nível 0
		0	Necessita de materiais de acabamento superficial, contudo este é considerado apenas um material de proteção
		1	Não necessita de materiais adicionais para acabamento superficial
4- Possui elementos reciclados	4	-1	Não possui elementos reciclados em sua composição
		0	Possui elementos reciclados em sua composição oriundos do mesmo material
		1	Possui elementos reciclados em sua composição oriundos de outros materiais
5- A durabilidade independe de manutenção e ocasiona baixo impacto	1	-1	Não atendimento ao requisito mínimo estabelecido para o nível 0
		0	Possui vida útil de projeto (VUP) mínima estabelecida pela NBR 15575, e exige manutenções periódicas com o uso de novos materiais
		1	Possui VUP mínima estabelecida pela NBR 15575, e a manutenção ocorre somente com limpeza
6- Favorece a desmontagem visando o reaproveitamento	1	-1	Não atendimento aos requisitos mínimos estabelecidos para o nível 0
		0	É possível ser separado dos demais materiais construtivos, contudo podem ocorrer perdas do material, pois utiliza ligantes, colas ou aglomerantes
		1	É possível ser facilmente separado dos demais materiais por usar encaixes mecânicos como amarrações, parafusos, etc
7- Favorece a baixa geração de resíduos	1	-1	Não atendimento ao requisito mínimo estabelecido para o nível 0
		0	O material favorece mínima geração de resíduos na etapa de construção
		1	Atende aos requisitos do nível 0, incluindo as etapas de uso/operação e desmonte
8- Utiliza o mínimo possível de água no processo de industrialização	2	-1	Utiliza água no processo de industrialização e não é passível de ser reaproveitada
		0	Utiliza água no processo de industrialização, porém a mesma pode ser reaproveitada
		1	Não utiliza água no processo de industrialização
9- A procedência do material está próximo da obra	4	-1	O material é produzido a uma distância superior a 500 km do local de uso
		0	O material é produzido a uma distância entre 300 e 500 km do local de uso
		1	O material é produzido a uma distância de, no máximo, 300 km do local de uso
10- Utiliza o mínimo possível de energia para produção	4	-1	Consumo alto de energia para produção
		0	Consumo médio de energia produção
		1	Consumo baixo de energia para produção
11- Regularidade das empresas junto ao Governo Federal	1	-1	A empresa não possui CNPJ*
		0	A empresa possui CNPJ* e possui débito relativos a tributos federais e à dívida ativa da União**
		1	A empresa possui CNPJ* e não possui débito relativo a tributos federais e à dívida ativa da União**

- Em destaque, na cor cinza, os novos critérios com os respectivos pesos e marcas de referências

* Consultar CNPJ: <http://www.cnpjbrasil.com/>

**Consultar a Certidão de Débitos Relativos a Créditos Tributários Federal e à Dívida Ativa da União: <http://www.receita.fazenda.gov.br/Aplicacoes/ATSP0/Certidao/CndConjuntaInter/InformaNICertidao.asp?ti po=1>

3.2 Teste com a Madeira Plástica

Ao realizar o teste com a madeira plástica (Tab. 2), foi possível reavaliar o resultado por meio da nova versão do ISMAS. Nos testes anteriores, o material havia obtido o nível “elevado” e neste teste atual, a pontuação numérica foi de 0.27, o que representa um índice de sustentabilidade “alto”. A diferença entre o nível elevado e o nível alto, obtido nesse teste está relacionado a três critérios que tiveram resultados diferentes de 1 na avaliação do material. Esses critérios referem-se as matérias primas do material – que não possui apenas materiais renováveis em sua composição - (Critério 2), da distância de procedência do (Critério 9) e ao uso de energia elétrica na etapa de produção (Critério 10), e assim o material não atingiu a pontuação máxima nesses critérios.

Tabela 2. Teste com a madeira plástica

Critérios	Peso	Teste WPC	Comentários
1- É possível ser reaproveitado e adaptado para diferentes usos	1	1	Todas as partes do material podem ser reaproveitadas e adaptadas
2- É renovável	4	0	Possui matérias primas renováveis e não renováveis na sua composição
3- Dispensa materiais adicionais para acabamento	0,5	1	Não necessita de materiais para acabamento
4- Possui elementos reciclados	4	1	Possui plástico reciclado em sua composição
5- A durabilidade independe de manutenção e ocasiona baixo impacto	1	1	A manutenção é feita apenas pela limpeza, sem a necessidade de materiais adicionais e atende a NBR 15575 – que exige o cumprimento da Vida Útil de Projeto
6- Favorece a desmontagem visando o reaproveitamento	1	1	Possui apenas encaixe mecânico, o que possibilita aproveitar todas as partes na desmontagem
7- Favorece a baixa geração de resíduos	1	1	O material é pré-fabricado, favorecendo a baixa geração de resíduos na obra
8- Utiliza o mínimo possível de água no processo de industrialização	2	1	Utiliza água apenas para resfriamento das peças e a água pode ser reaproveitada
9 - A procedência do material está próximo da obra	4	-1	O material ainda não é produzido, apenas comercializado próximo a região Região Metropolitana da Grande Vitória. A empresa selecionada para o recorte está a 550 km de distância do local
10- Utiliza o mínimo de energia para produção	4	0	Utiliza de máquina elétrica (extrusora) para produção
11- Regularidade das empresas junto ao Governo Federal	1	1	A empresa selecionada para o recorte possui CNPJ e não possui débito relativo a tributos federais e à dívida ativa da União

4. CONCLUSÃO

Os resultados mostram que a reformulação da ferramenta ISMAS, com a adição de novos critérios, aprimora o potencial de avaliação sem, necessariamente, incluir aspectos que possam exigir conhecimentos avançados do utilizador. A verificação da eficácia dessa reformulação se deu através do teste realizado com a madeira plástica. Os novos critérios não alteraram os princípios bases da ferramenta, ou seja, de ser um instrumento com critérios claros e acessíveis para os diferentes tipos de usuários. Destaca-se ainda o fato de que mesmo a ferramenta tendo sido criada para a região do Espírito Santo, ela é passível de

ser utilizada em outras regiões do Brasil, desde que os aspectos considerados de maior relevância no recorte territorial estabelecido sejam mantidos para outras localidades e que sejam levados em conta as peculiaridades e restrições de cada lugar. Considerando as diferenças territoriais, consequentemente os resultados de um mesmo material podem variar conforme a região. O resultado do teste com a madeira plástica expôs o fato de que é difícil atingir a máxima sustentabilidade. Apesar de não ter alcançado o mesmo resultado obtido nos testes anteriores, o material ainda apresenta características apreciáveis e vantajosas para no quesito sustentabilidade. O teste também reforça a importância da seleção de materiais com base em fundamentos e conceitos sustentáveis e que quanto mais critérios são levados em consideração, maior é o rigor para avaliar a sustentabilidade.

5. AGRADECIMENTOS

Este artigo é parte de um projeto de pesquisa aprovado na chamada MCTI/CNPQ/Universal 14/2014 - Faixa A, Processo: 443906/2014-9. Os autores agradecem o apoio recebido do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq – Brasil.

REFERÊNCIAS

- Agenda 21 brasileira: ações prioritárias / *Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional*. 2. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004.
- Agenda 21 for sustainable construction in developing countries: a discussion document*. Pretoria. South Africa: CIB & UNEP-IETC. 2002.
- Agenda Vitória: plano estratégico até 2028*. Vitória, 2008. Disponível em: <http://www.vitoria.es.gov.br/seges.php?pagina=agenda_vitoria_oquee>. Acesso em: 18 abr. 2016.
- American Society For Testing And Materials. *D883: standard terminology relatín to plastics*. 2012. ASTM International, West Conshohocken, 2013.
- Athena Sustainable Materials Institute*. Disponível em: <<http://www.athenasmi.ca/index.php>>. Acesso em: 18 abr. 2016.
- Alvarez, C. E. De; Souza, A. D. S. (Coord.). *Ferramenta ASUS: Referencial Teórico*. Disponível em: <<http://lpp.ufes.br/sites/lpp.ufes.br/files/field/anexo/Referencial-Teorico.pdf>>. Acesso em: 24 mar. 2016.
- B. Lippiatt, A.L.; Greig, Lavappa, P. *Bees*, Online, 2009.
- Bissoli-Dalvi, M. *ISMAS: A sustentabilidade como premissa para a seleção de materiais*. Concepción - Chile, 2014.
- Bissoli-Dalvi, M.; Nico-Rodrigues, E.; Alvarez, C.E.; Fuica, E. S. Montarroyos, D. C. G. *The sustainability of the materials under the approach of ISMAS. Construction and Building Materials*, 106, 357-363 doi:10.1016/j.conbuildmat.2015.12.030, 2015.
- Bortolini, G. G.; Bissoli-Dalvi, M.; Alvarez, C. E. *A identidade visual nas ferramentas de avaliação de sustentabilidade: ênfase no ISMAS*. Euro ELECS - Latin- American and European Conference of Sustainable Buildings and Communities, Guimarães, 21-24 Julho 2015.
- BREEAM: *The world's leading design and assessment method for sustainable buildings*. Disponível em: <<http://www.breeam.org/>>. Acesso em: 15 abr. 2016.
- Calkins, M. *Materials for sustainable sites: a complete guide to the evaluation, selection, and use of sustainable materials*. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2009.
- Cellura, M., Longo, S., & Mistretta, M. (2011). *The energy and environmental impacts of Italian households consumptions: an input-output approach*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 8, 3897-3908. doi: 10.1016/j.rser.2011.07.025.
- Certidão Conjunta Negativa de Débitos Relativos a Tributos Federais e à Dívida Ativa da União*. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/cidadania-e-justica/2010/01/como-emitir-certidao-conjunta-negativa-de-debitos-relativos-a-tributos-federais-e-a-divida-ativa-da-uniao>> Acesso em: 09 jun. 2016.
- Cerway. *HQE: Haute Qualité Environnementale*. Disponível em: <<http://www.behqe.com/>>. Acesso em: 15 abr. 2016.

Conferência das Nações Unidas sobre o meio ambiente e desenvolvimento. Conferência das Nações Unidas sobre o meio ambiente e desenvolvimento: de acordo com a *Resolução nº 44/228 da Assembleia Geral da ONU*, de 22-12-89, estabelece uma abordagem equilibrada e integrada das questões relativas a meio ambiente e desenvolvimento: a Agenda 21. Brasília: Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, 1995.

Consulta CNPJ de Empresas. Disponível em: <<http://www.cnpjbrasil.com/>>. Acesso em: 30 maio 2016.

Design Insite: *The designer's guide to manufacturing*. 1996. Disponível em: <<http://www.designinsite.dk>>. Acesso em: 18 abr. 2016.

Eco-IT. Disponível em: <<http://www.pre-sustainability.com/eco-it>>. Acesso em: 13 jan. 2016.

Eco-Quantum: life cycle and greenhouse gas assessment. Disponível em: <<http://ecoquantum.com.au/index.html>>. Acesso em: 18 abr. 2016.

Environmental impact assessment and whole life cost. Disponível em: <<http://envestv2.bre.co.uk/account.jsp>>. Acesso em: 18 abr. 2016.

Fernandes, J. L.; Mussi, J. A. O.; Miranda, R. D.; Silva, C. A. S.; Charles, M. R. Um estudo de caso de sustentabilidade aplicada à construção civil conforme etiquetagem do programa PBE – Edifica. *Revista Augustus*. Rio de Janeiro, v. 20, n. 40, p. 28-45, jul./dez. 2015. Disponível em: <<http://apl.unisiam.edu.br/revistas/index.php/revistaaugustus/article/view/19811896.2015v20n40p28>>. Acesso em: 31 mar. 2016.

Fundação Carlos Alberto Vanzolini. 2007. *Referencial técnico de certificação Edifícios do setor de serviços - Processo AQUA: Escritórios e Edifícios escolares*. São Paulo: FCAV.

GaBi Software: A product sustainability performance solution by PE International. Disponível em: <<http://www.gabi-software.com/brazil/index/>>. Acesso em: 18 abr. 2016.

Green Building Council of Australia. *GREENSTAR*. Disponível em: <<http://www.gbca.org.au/greenstar/>>. Acesso em: 15 abr. 2016.

Guerra, A.; Santos, S. R. *Iniciativa Solvin 2008: arquitetura sustentável*. São Paulo: Romano Guerra Editora, 2008.

International Council for Research and Innovation in Building and Construction (Ed.). *Agenda 21 on Sustainable Construction*. CIB Report Publication 237. Rotterdam: CIB, 1999.

Japan Green build Council: *Japan Sustainable Building Consortium*. 2008. *The assessment method employed by CASBEE*. Disponível em: <<http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/methodE.htm>>. Acesso em: 15 abr. 2016.

Karande, P., & Chakraborty, S. *Application of multi-objective optimization on the basis of ratio analysis - (MOORA) method for materials selection*. *Materials and Design*. v. 37, p. 317-324, mai, 2012.

LEED 2009 for new Construction and Major Renovation. 2009. Washington: U.S. Acesso em: 15 abr. 2016 Building Council.

Materia Brasil. 2013. Disponível em: <<http://www.materiabrazil.com/explore/material>>. Acesso em 18 abr 2016.

Material Connexion. 1997. Disponível em: <<http://www.materialconnexion>>. Acesso em: 12 jan. 2016.

MatWeb: *The Online Materials Information Resource*. Disponível em: <<http://www.matweb.com/index.aspx>>. Acesso em: 18 abr. 2016.

Molina, J.C.; Carreira, M. R.; Junior, C. C. *Análise do comportamento mecânico de perfis retangulares de madeira plástica (Wood Plastic Composite)*. *Revista Minerva – Pesquisa & Tecnologia*. V. 6, n. 1, p. 47-57, out. 2014.

Najafi, S. K.; Hamidina, E.; Tajvidi, M. *Mechanical properties of composites from sawdust and recycled plastics*. *Journal of Applied Polymer Science*, v. 100, n. 5, p. 3641- 3645, 5 jun. 2006.

Plano de desenvolvimento Espírito Santo 2025: carteira de projetos estruturantes - Espírito Santo: Macroplan, 2006. v.8.

Roaf, S.; Fuentes, M.; Thomas, S. *Ecohouse: a casa ambientalmente sustentável*. Tradução de Alexandre Salvaterra. 3ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

Silva, V. G.; Silva, M. G.; Agopyan, V. *Avaliação do desempenho ambiental de edifícios: estágio atual e perspectivas para o desenvolvimento no Brasil*. In: Encontro Nacional, 2., e Encontro Latino Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, 1., p. 367-373, 2001, Canela, RS. *Anais*. Porto Alegre: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC), 2001.

SimaPro. Disponível em: <<http://www.pre-sustainability.com/simapro-lca-software>>. Acesso em: 18 abr. 2016.

Stylepark. 2007. Disponível em: <<http://www.stylepark.com/es/material>>. Acesso em: 18 abr. 2016.



Análise da implantação do selo casa azul em edifício residencial multifamiliar

Ghérsika Barcelos Carrara

Faculdade Multivix Vitória, Vitória (ES), Brasil
gbcarrara@hotmail.com

Miria Souza Pimentel

Faculdade Multivix Vitória, Vitória (ES), Brasil
miria_sp23@hotmail.com

Thiara Lourett Neves

Faculdade Multivix Vitória, Vitória (ES), Brasil
thiara-999@hotmail.com

Aline Silva Sauer

Faculdade Multivix Vitória, Vitória (ES), Brasil
alinesisa@hotmail.com

Fabrcia Delfino Rembiski

Faculdade Multivix Vitória, Vitória (ES), Brasil
frembiski@gmail.com

RESUMO: A construção civil é um setor que consome grande quantidade de recursos naturais e gera resíduos na mesma proporção, ocasionando impactos socioambientais. Diante disso foram criadas certificações de sustentabilidade, que buscam reconhecer a qualidade ambiental, através da preservação dos recursos naturais e a implantação de práticas sustentáveis durante o ciclo de vida das edificações. Entre elas, o Selo Casa Azul Caixa é um dos primeiros sistemas de classificação socioambiental da construção civil desenvolvido no Brasil, empregado apenas em empreendimentos financiados pela Caixa Econômica Federal. Nesse contexto, este artigo analisa os requisitos para implantação desse sistema em um empreendimento residencial multifamiliar em Vitória (Espírito Santo, Brasil). Para isso, a metodologia contemplou revisão bibliográfica e do referencial teórico do selo, que embasaram a construção do questionário para entrevista, do roteiro de observação e análise dos dados. Como resultado, verificou-se que a construtora utiliza tecnologias sustentáveis e não teve dificuldades para implantação dos requisitos, pois já os utiliza em outros empreendimentos. Além disso, em Vitória as construtoras possuem pouca adesão ao selo, visto que existem apenas dois edifícios com essa certificação. Em estudos futuros, é necessária a identificação das barreiras para implantação dos 19 requisitos não alcançados durante a certificação deste edifício.

Palavras-Chave Construção sustentável, Selo Casa Azul, Edificação multifamiliar.

1. INTRODUÇÃO

Desde o início da civilização, os espaços naturais servem de refúgio, proteção e sustento para o ser humano. Entretanto, não houve preocupação com o consumo e a produção em massa, o que provocou a degradação do meio ambiente. Como resultado, nota-se a redução dos recursos naturais, gerando a necessidade de mudanças nos padrões construtivos e em hábitos culturais, sendo indispensável o incentivo ao consumo sustentável dos recursos (Valente, 2009). Desse modo, o consumo sustentável torna-se uma estratégia ambiental para as gerações futuras, bem como a construção de edificações eficientes (Florim, 2005).

As referidas mudanças resultaram na criação de práticas construtivas em algumas edificações, no Brasil e no mundo. Para Pinheiro (2003), construir com sustentabilidade não significa apenas liderança ambiental, mas construir de forma estável, segura e energeticamente eficiente, quando os edifícios possam ser funcionais e comercializáveis. A confirmação deste fato, pode ser observado através da criação e uso dos selos, certificações e sistemas de avaliação ambiental para edificações (Grunberg *et al.*, 2014).

A maioria dos países desenvolvidos utiliza certificações como *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) ou *Building Research Establishment Environmental Assessment Method* (BREEAM) (Gurgun *et al.*, 2015). O LEED é a certificação mais comercializada no setor da construção civil no mundo (Orozco-Messana & Climent, 2015). No entanto, essas certificações demandam a adaptação do seu referencial teórico para outros países (Gurgun *et al.* 2015, John *et al.* 2007).

No Brasil, é pequeno o número de edificações certificadas, sendo inferior a 300 em 2014 (Lazzarini & Penna, 2015). Na falta de certificações creditadas no país, os modelos internacionais são usados em larga escala, como exemplo o LEED Brasil e o Alta Qualidade Ambiental (AQUA-HQE), baseado no selo francês *Haute Qualité Environnementale* (HQE) (Lauriano, 2013). O Selo Casa Azul da Caixa Econômica Federal (CEF) foi o primeiro sistema de classificação para projetos habitacionais sustentáveis do Brasil, sendo uma das ações do Programa de Construção Sustentável da Caixa.

De acordo com Grunberg *et al.* (2014), o uso de certificação ambiental impulsiona o desenvolvimento da construção civil em busca de práticas mais sustentáveis. A aplicação destas certificações não leva em consideração somente o desempenho da construção para uso e operação, mas também uma escolha adequada de materiais e fornecedores, reduzindo assim o impacto ambiental, a melhoria na gestão da obra, a redução de consumo e de desperdício de materiais.

Nesse contexto, insere-se esse artigo, que analisa os requisitos para implantação do Selo Casa Azul em um empreendimento residencial multifamiliar em Vitória (Espírito Santo, Brasil), por meio de revisão bibliográfica e do referencial teórico do selo, que embasaram a construção do questionário para entrevista, do roteiro de observação e análise de dados.

2. SELO CASA AZUL CAIXA

O Selo Casa Azul Caixa possibilitou um sistema aplicado a empreendimentos habitacionais financiados pela CEF ou produto de repasse, cuja opção pela implantação é voluntária. Os projetos podem ser apresentados por construtoras, poder público, empresas públicas de

habitação, cooperativas e representantes de movimentos sociais. A adoção do selo agrega vantagens para os empreendedores, os moradores e a CEF (John & Prado, 2010).

No referencial teórico do selo foram estabelecidos 53 critérios de avaliação em 6 categorias: Qualidade urbana, Projeto e Conforto, Eficiência Energética, Conservação de Recursos Materiais, Gestão da água e Práticas Sociais. Conforme a quantidade de critérios atendidos, os empreendimentos podem receber o selo: bronze (critérios obrigatórios), prata (critérios obrigatórios e mais 6 critérios de livre escolha) e ouro (critérios obrigatórios e mais 12 critérios de livre escolha). Os empreendimentos ouro e prata possuem a redução da taxa de juros no financiamento junto a CEF (John & Prado, 2010).

Além dos critérios, são necessários documentos obrigatórios, como: projetos aprovados pela Prefeitura, alvará de construção, licença ambiental, norma de acessibilidade e outros. A verificação do atendimento aos critérios ocorre através de vistorias específicas durante a obra. Não existe custo para o proponente na concessão do Selo, apenas é cobrada uma taxa para análise do projeto (John & Prado, 2010).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O desenvolvimento dessa pesquisa contemplou revisão bibliográfica, entrevista com engenheiro do empreendimento, visita técnica, registro fotográfico e análise comparativa dos dados. Após a revisão bibliográfica elaborou-se um questionário com 19 perguntas, relacionadas as 5 categorias do Selo. A entrevista semiestruturada foi realizada durante uma hora no escritório da construtora. Na sequência, realizou-se a visita técnica ao empreendimento, na qual foram esclarecidas as dúvidas e realizado o registro fotográfico.

Neste artigo foi utilizada a metodologia de análise comparativa, que consiste em comparar os critérios sustentáveis da certificação e suas aplicações ao empreendimento multifamiliar em Vitória, certificado com este Selo. Nesse artigo não serão identificados o nome da construtora e do empreendimento analisados.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Caracterização do empreendimento

O empreendimento analisado (Fig. 1) é um edifício de uso misto, porém predominantemente residencial multifamiliar, com 11 pavimentos, 62 apartamentos e 4 lojas, situado em Vitória (Espírito Santo, Brasil). A edificação foi escolhida por ser o primeiro empreendimento do Estado e o quarto do Brasil, a receber o Selo Casa Azul da Caixa, quando concluído em maio de 2015.

O empreendimento atingiu o nível ouro do Selo Casa Azul com 33 pontos, sendo atendidos 18 itens obrigatórios e 15 itens de livre escolha. No período da pesquisa, além deste edifício, havia apenas mais um empreendimento em construção que pleiteava a certificação pelo selo Casa Azul Caixa, no Espírito Santo.

O projeto inicial da construtora já contemplava a maioria dos itens solicitados pela Caixa. Porém, foram necessários ajustes em alguns itens para adequação aos critérios do selo, como aumento da área permeável, aumento do vão e alteração do modelo das janelas dos

ambientes de permanência prolongada, entre outros itens. Contudo, os valores das alterações realizadas não impactaram no valor de venda do empreendimento.



Figura 1. Perspectiva do empreendimento e seu entorno. Fonte: Construtora, 2015.

4.2 Análise comparativa

4.2.1 Critérios do selo atendidos no empreendimento

O empreendimento analisado atendeu 33 critérios do Selo Casa Azul da Caixa, dentre os 53 disponíveis para pontuação (Quadro 1). Em relação a categoria Qualidade Urbana, o critério 1.4 não existia no terreno selecionado e o 1.5 não foi considerado durante a etapa de projeto, considerando que a região do entorno é formado de casas térreas.

Na categoria Projeto e Conforto (Quadro 1), não foram atendidos 3 critérios de livre escolha: 2.3, 2.10 e 2.11, relacionados com as decisões da construtora visando o melhor aproveitamento do terreno e da planta das unidades, que influenciam o projeto.

Quadro 1. Relação de categorias e critérios do Selo Casa Azul da Caixa

Categorias e Critérios	Tipo	Situação
1 Qualidade Urbana		
1.1 Qualidade do entorno- Infraestrutura	Obrigatório	Atendido
1.2 Qualidade do entorno- Impactos	Obrigatório	Atendido
1.3 Melhoria do entorno	Livre escolha	Atendido
1.4 Recuperação de áreas degradadas	Livre escolha	Não atendido
1.5 Reabilitação de imóveis	Livre escolha	Não atendido
2 Projeto e Conforto		
2.1 Paisagismo	Obrigatório	Atendido
2.2 Flexibilidade de projeto	Livre escolha	Atendido
2.3 Relação com a vizinhança	Livre escolha	Não atendido
2.4 Solução alternativa de transporte	Livre escolha	Atendido
2.5 Local para coleta seletiva	Obrigatório	Atendido
2.6 Equipamentos de lazer, sócias e esportivos	Obrigatório	Atendido
2.7 Desempenho térmico - vedações	Obrigatório	Atendido
2.8 Desempenho térmico - orientação ao sol e ventos	Obrigatório	Atendido
2.9 Iluminação natural de áreas comuns	Livre escolha	Atendido
2.10 Ventilação e iluminação natural de banheiro	Livre escolha	Não atendido
2.11 Adequação às condições físicas do terreno	Livre escolha	Não atendido

Por sua vez, na categoria Eficiência Energética não foram atendidos 3 critérios de livre escolha (3.3, 3.4 e 3.8), que são opções de fontes alternativas de energia para redução da

dependência da energia elétrica (Quadro 2). Tal decisão pode estar relacionada ao padrão das unidades do empreendimento e ao valor para implantação dessas tecnologias. Na categoria Conservação de Recursos Materiais os critérios não atendidos foram 4.1 e 4.8, essencialmente, relacionados aos materiais usados no empreendimento (Quadro 2).

Quadro 2. Relação de categorias e critérios do Selo Casa Azul da Caixa.

3 Eficiência Energética		
3.1 Lâmpadas de Baixo Consumo - Áreas Privativas	Obrigatório p/HIS	Atendido
3.2 Dispositivos Economizadores - Áreas Comuns	Obrigatório	Atendido
3.3 Sistema de Aquecimento Solar	Livre escolha	Não atendido
3.4 Sistema de Aquecimento à Gás	Livre escolha	Não atendido
3.5 Medição Individualizada - Gás	Obrigatório	Atendido
3.6 Elevadores Eficientes	Livre escolha	Atendido
3.7 Eletrodomésticos eficientes	Livre escolha	Atendido
3.8 Fontes Alternativas de Energia	Livre escolha	Não atendido
4 Conservação de Recursos Materiais		
4.1 Coordenação Modular	Livre escolha	Não Atendido
4.2 Qualidade de Materiais e Componentes	Obrigatório	Atendido
4.3 Componentes Industrializados ou Pré-fabricados	Livre escolha	Atendido
4.4 Formas e Escoras Reutilizáveis	Obrigatório	Atendido
4.5 Gestão de Resíduos de Construção de Demolição -	Obrigatório	Atendido
4.6 Concreto com Dosagem Otimizada	Livre escolha	Atendido
4.7 Cimento de Alto Forno (CPIII) e Pozolânico(CP IV)	Livre escolha	Atendido
4.8 Pavimentação com RCD	Livre escolha	Não Atendido
4.9 Madeira Plantada ou Certificada	Livre escolha	Atendido
4.10 Facilidade de Manutenção de Fachada	Livre escolha	Atendido
5 Gestão da Água		
5.1 Medição Individualizada - Água	Obrigatório	Atendido
5.2 Dispositivos Economizadores - Sistema de Descarga	Obrigatório	Atendido
5.3 Dispositivos Economizadores - Arejadores	Livre escolha	Atendido
5.4 Dispositivos Economizadores - Registro Regulador de Vazão	Livre escolha	Não atendido
5.5 Aproveitamento de Águas Pluviais	Livre escolha	Atendido
5.6 Retenção de Águas Pluviais	Livre escolha	Não atendido
5.7 Infiltração de Águas Pluviais	Livre escolha	Não atendido
5.8 Áreas permeáveis	Obrigatório	Atendido

Por fim, na categoria Gestão da Água não foram atendidos critérios referentes as unidades da edificação e ao sistema alternativo para retenção e infiltração de águas pluviais. Considerando que o bairro onde se situa o empreendimento tem grandes problemas relacionados a enchentes em período de chuvas, essas ações seriam fundamentais.

4.2.2 Qualidade Urbana

A categoria Qualidade Urbana, composta por 5 critérios, avalia os aspectos do planejamento do empreendimento, relacionados à infraestrutura existente no entorno (educação, transporte público, saúde e comércio) e à escolha do terreno onde a edificação será implantada (John & Prado, 2010).

O bairro do empreendimento possui: (a) infraestrutura (rede de abastecimento de água, ruas pavimentadas, energia elétrica, iluminação pública, rede de esgoto e drenagem, transporte público regular e ponto de parada próximo); (b) comércio local (padarias, farmácias, lojas de varejo, a menos de 100 metros); (c) escola pública a 250 metros; (d) hospital a 500 metros e (e) uma praça em frente ao empreendimento (Fig. 1).

Por sua vez, não existe no entorno do empreendimento, em um raio de 2,5 Km, fontes consideradas prejudiciais (impactos) ao bem-estar, a saúde ou a segurança dos moradores, tais como aeroportos, portos, rodovias, indústrias, entre outros. Portanto, este quesito foi atendido, conforme prescrito no referencial do Selo.

Para garantir as melhorias do entorno com benefícios socioambientais foi executado o projeto da calçada cidadã, que garante acessibilidade plena aos pedestres ao redor da edificação. Além disso, foi implantado um bicicletário em uma área de acesso público e realizado um projeto de arborização, com o intuito de melhorar o conforto do pedestre.

4.2.3 Projeto e conforto

Nessa categoria foram analisadas as ações relativas ao planejamento e à concepção do projeto do empreendimento, bem como a adaptação da edificação às características físicas e geográficas locais.

Em relação ao projeto paisagístico eficiente, utilizaram-se espécies vegetais nativas adequadas ao clima local e ao uso da edificação. Já a flexibilidade dos projetos (arquitetônico e complementares) contemplou a seleção de lajes de concreto protendido, vedação interna em gesso acartonado e teto de gesso, possibilitando assim, mudanças futuras, sem grandes impactos a edificação.

Para atender o item relativo ao transporte alternativo, os moradores foram contemplados com 10 bicicletas, sendo 2 elétricas, e um carro para uso compartilhado (Fig. 2), existindo ainda infraestrutura para recarga de carros elétricos.



Figura 2. Meios de transporte alternativos. Fonte: Construtora, 2015.

O empreendimento também possui a indicação de locais específicos dos recipientes para coleta e seleção dos diferentes tipos de resíduos domiciliares, inclusive baterias usadas e óleo de cozinha, situados nas áreas comuns da edificação. Além disso, o propósito da disposição de equipamentos de lazer, sociais e esportivos foi incentivar práticas saudáveis de convivência e entretenimento aos moradores do empreendimento. Por isso, esses equipamentos, solicitados pelo selo, foram atendidos através da construção de uma sala de ginástica, um salão de festas, uma brinquedoteca e um *playground* infantil.

Quanto às diretrizes relativas ao conforto térmico, Vitória pertence à zona bioclimática 8 (John & Prado, 2010). Desse modo, o empreendimento alcançou o desempenho térmico das vedações atendendo os índices determinados para esta região (absortância, transmitância e capacidade térmica), para a seleção dos materiais das paredes externas (bloco de concreto, revestimento de argamassa e pintura externa na cor clara) e cobertura (telhado pintado na cor branca para refletir os raios ultravioletas).

Ainda quanto ao conforto térmico, para aproveitar a incidência solar o empreendimento possui sua fachada principal voltada para leste, ou seja, sol da manhã, onde estão as varandas e principais aberturas, influenciadas pelo vento predominante (nordeste). Entretanto, possuem janelas de quartos voltados para a fachada oeste, em que serão instalados toldos para proteção da radiação solar direta. No empreendimento foram utilizadas janelas de PVC com abertura voltada para o exterior com área mínima de 12,5% da área de piso do ambiente. Além disso, todas as janelas dos quartos terão bacias na sua parte superior, possibilitando a ventilação permanente do ambiente, garantindo a renovação e qualidade do ar.

4.2.4 Eficiência Energética

Segundo John & Prado (2010), esta categoria trata de medidas de conservação de energia que devem ser adotadas no empreendimento, de modo a torná-lo mais eficiente reduzindo o consumo de energia, mediante a utilização de equipamentos e sistemas economizadores. Para atendimento a este critério, nas áreas comuns foram utilizadas lâmpadas eficientes (tipo LED), juntamente com os dispositivos economizadores (sensores de presença).

Além disso, a medição individualizada proporciona aos usuários conhecimento sobre o consumo mensal, podendo o mesmo gerenciar seus gastos para redução de consumo (John & Prado, 2010). Por isso, a medição de gás encanado foi individualizada por meio da instalação de medidores de gás certificados pelo Inmetro.

Visando atender o item uso de elevadores eficientes, no empreendimento foi utilizado o sensor de presença interno e o controlador de tráfego, evitando que uma chamada desloque mais de um elevador ao mesmo tempo. Já para o item uso de eletrodomésticos eficientes, nas áreas de uso comum do empreendimento, a construtora apresentou o memorial descritivo com as especificações técnicas dos equipamentos, comprovando sua eficiência energética de acordo com o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE).

4.2.5 Conservações de recursos materiais

Essa categoria busca reduzir o consumo de materiais por metro quadrado útil de construção, seja melhorando projetos, selecionando métodos construtivos eficientes, visando economia de materiais ou evitando perdas e retrabalho (John & Prado, 2010).

Para isso, a construtora utilizou materiais e componentes de boa qualidade, apresentados no memorial descritivo com cópias da certificação da qualificação dos fornecedores. Um dos exemplos de uso de componentes industrializados ou pré-fabricados foi o gesso acartonado aplicado na alvenaria interna, inclusive em áreas molhadas.

De acordo com memorial descritivo, foram utilizados na construção formas e escoramentos metálicos reutilizáveis que consistem em painéis modulares, produzidos com alumínio e compensado. O uso deste sistema reduziu o consumo e o desperdício de madeira na execução da estrutura do empreendimento.

A redução dos resíduos de construção e demolição é um item importante em uma edificação sustentável. Por isso, o empreendimento desenvolveu o Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, bem como apresentou a documentação da destinação final adequada dos resíduos gerados ao final da obra.

Outra medida realizada, para conservação dos recursos, foi o uso do concreto com dosagem otimizada, fornecido por centrais com alto controle de qualidade. Esse concreto estrutural foi produzido com cimento de alto-forno (CP III) e pozolânico (CP IV), que promovem a redução de emissão do CO₂ e do uso de recursos naturais, através da adição de resíduos (escórias e cinzas volantes) em sua composição.

Ainda de acordo com os critérios do selo, o memorial descritivo do empreendimento deverá especificar a estimativa da quantidade de madeira exótica plantada (eucalipto, pinus, teca) ou de madeira certificada pelo *Forest Stewardship Council* (FSC), entidade similar ao Programa Nacional de Certificação Florestal (CERFLOR), em todas as etapas da construção (John & Prado, 2010). Soma-se a isso, ao final da obra, deve ser apresentada a documentação comprobatória da aquisição de madeira certificada e/ou notas fiscais de aquisição de madeiras exóticas, como realizado pelo empreendimento.

Além dos itens descritos e visando garantir a fácil manutenção da fachada, o empreendimento usou o revestimento em textura acrílica, que possui vida útil superior a 15 anos, correção de pequenas irregularidades do substrato, ótima elasticidade e resistência à penetração de água, ampliando assim sua vida útil.

4.2.6 Gestão da Água

De acordo com John & Prado (2010), como a água é um recurso limitado seu uso deve ser feito de forma controlada, para que sua qualidade e quantidade possam ser mantidas, possibilitando condições de atender as necessidades do usuário, a sustentabilidade do edifício e do seu entorno.

Neste contexto, o sistema de medição individualizada possibilita ao usuário a oportunidade de gerenciamento do seu consumo, facilitando a redução. Assim, todos os apartamentos do empreendimento foram entregues com medidores individuais de água.

Em relação aos dispositivos economizadores, o empreendimento usou o sistema de descarga e arejadores. Nos banheiros foram instaladas bacias com acionamento duplo ou que tenham sistema de descarga com volume nominal inferior a 6 litros, visando à redução de volume de esgotos. Por sua vez, os lavatórios e as pias das cozinhas das unidades habitacionais e das áreas comuns receberam arejadores nas torneiras.

Outra forma de redução do consumo de água foi à adoção do sistema de captação de água do ar condicionado para uso em fins não potáveis, gerando uma economia de 6 a 8 litros/ponto/apartamento/dia, considerando que cada apartamento possui dois pontos para uso. A Figura 3 mostra o reservatório de captação de água do ar condicionado.



Figura 3. Reservatório de captação de água do ar condicionado.

Ressalta-se que, quanto à área permeável mantida no terreno após a implantação do edifício, a legislação municipal exige 10% de área. Para atendimento ao selo, esse valor deveria ser maior que 10% e a construtora adotou 11%. Entretanto, visando à melhoria da qualidade ambiental do entorno, esse valor segundo as autoras deveria ser maior.

4.2.7 Práticas Sociais

Para John & Prado (2010), esta categoria tem como objetivo a conscientização social dos agentes envolvidos, pois assim, o setor da construção civil poderia reduzir o impacto causado, deixando de ser um fornecedor de bens e serviços e passando a ser um agente transformador social. Para isso, a construtora realizou as seguintes ações:

- Educação para gestão de resíduos da construção e demolição, por meio de palestras e visitas técnicas;
- Educação ambiental dos empregados, por meio de cursos com temas afins e carga horária de 4 horas de duração, abrangendo 80% dos funcionários;
- Desenvolvimento pessoal dos empregados, através da criação condições mais favoráveis no ambiente de trabalho e motivação da equipe;
- Inclusão de trabalhadores locais, através da reserva de 20% dos postos de trabalhos do empreendimento para a comunidade local;
- Orientação aos moradores, através de reuniões para entrega das chaves e explicação do manual do proprietário e aspectos sustentáveis do edifício.

Com estas ações o empreendimento conseguiu atender a esta categoria, chegando assim ao atendimento de 33 itens, entre obrigatórios e de livre escolha, atingindo nível ouro do Selo Casa Azul Caixa. Até junho de 2016, esse era o empreendimento que havia obtido a maior pontuação, em nível nacional, entre todos os certificados pelo selo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa pesquisa visou apresentar e analisar a implantação dos critérios atendidos para a obtenção da gradação ouro do Selo Casa Azul Caixa, em um empreendimento residencial multifamiliar em Vitória (ES). Também, demonstrou a possibilidade de desenvolver práticas sustentáveis no planejamento de habitações, através de vários critérios apresentados pelo referencial do selo. A partir dessas informações, da entrevista e da visita a obra, foi realizada a análise comparativa, observado se os itens estão de acordo com a recomendação técnica para adesão do Selo.

Desta forma, verificou-se que a construtora é uma das referências no setor em Vitória, pois investe em inovação de processos construtivos, estudos socioambientais e busca da qualidade em suas edificações. Diante disso, não ocorreram muitos obstáculos para adesão do selo, pois métodos construtivos eficientes, destinação de resíduos, aproveitamento da água, qualidade do entorno, entre outros, já faziam parte das práticas da empresa.

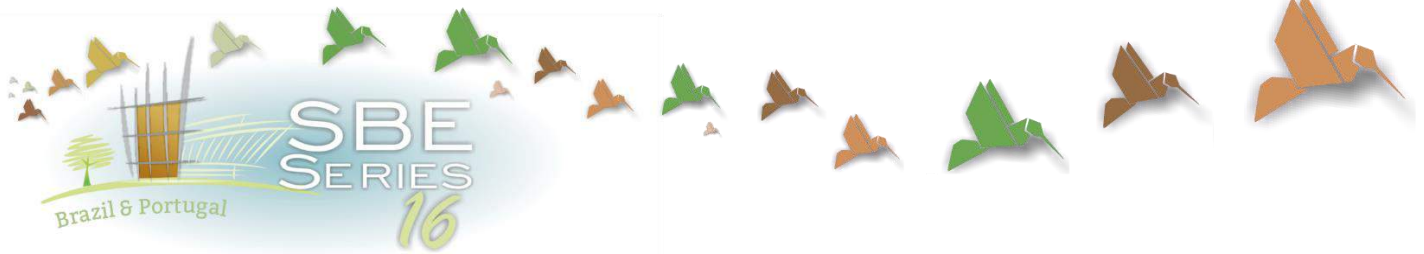
No entanto, ainda, a certificação possui pouca adesão em Vitória, apenas em empresas que tenham financiamento pela CEF, limitando, assim sua implantação e divulgação. A construtora indica para outras construtoras a utilização do Selo, pois suas recomendações estão alinhadas à realidade e aos métodos construtivos usados no país. Contudo, o obstáculo identificado pela construtora ocorreu no planejamento do empreendimento,

devido à demora na resposta sobre dúvidas referente ao levantamento de documentos e itens junto a CEF. Com perspectivas para futuro, a construtora pretende continuar a parceria com a entidade e a certificação de futuros empreendimentos.

Os resultados desse artigo demonstraram como foram implantados os 33 critérios do Selo no empreendimento, ressaltando sua conformidade com o referencial. Como sugestão para estudos complementares, é necessária a análise das alterações necessárias na edificação, visando implantar os 20 critérios que não foram considerados no projeto, abrangendo variáveis como custo, valor agregado, possíveis dificuldades e outros.

REFERÊNCIAS

- FLORIM, L.C. *Contribuição para a Construção Sustentável: características de um projeto habitacional eco-eficiente*. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2004.
- GRUNBERG, P. R.; MEDEIROS, H.; TAVARES, S. *Certificação Ambiental de Habitações: Comparações entre Leed for Homes, processo Aqua e Selo Casa Azul*. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/asoc/v17n2/a13v17n2.pdf>>. Acesso em: 10 de Mar. 2015
- GURGUN, A.P.; KOMURLU, R.; ARDITID. Review of the LEED Category in Materials and Resources for Developing Countries. *Procedia Engineering*, v. 118, 2015. p. 1145 – 1152.
- JOHN, V. M.; OLIVEIRA, D. P.; LIMA, J. A. R. de. *Levantamento do estado da arte: Seleção de materiais*. Documento 2.4. Projeto Tecnologias para construção habitacional mais sustentável (Projeto FINEP 2384/04). São Paulo: FINEP, 2007.
- JOHN, V. M.; PRADO, R. T. A. *Boas práticas para habitação mais Sustentável*. Caixa Econômica Federal, São Paulo: Páginas & Letras - Editora e Gráfica, 2010.
- LAURIANO, L.A. *Governos locais para a sustentabilidade: o setor da construção e as Regiões Metropolitanas de Belo Horizonte e São Paulo*. Nova Lima, Minas Gerais: Fundação Dom Cabral, 2012. (Caderno de Ideias, CI1210).
- LAZZARINI, R.; PENNA, C.D. (coord.). *Sustentabilidade – tendências na construção brasileira 2015*. São Paulo: CTE, Criactive, Editora O nome da rosa 2015. 96 p.
- OROZCO-MESSANA. J.; CLIMENT, V. Sustainability evaluation of materials in architecture. In: MILETO, C.; VEGAS, F.; GARCÍA SORIANO, L.; CRISTINI, V(eds). *Vernacular Architecture: towards a sustainable future*. London: Taylor & Francis Group, 2015. p. 567–570.
- PINHEIRO, M. D. *Construção Sustentável – Mito ou Realidade?* VII Congresso Nacional de Engenharia do Ambiente. Lisboa, 2003. Disponível em:<https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/download/File/3779571242058/aperAPEA_ConstrucaoSustentavel.pdf>. Acesso em: 09 de jun. 2015.
- MAGNANI, J. *Análise Comparativa do Selo Casa Azul e do Sistema de Certificação Leed for Homes*. Disponível em: <<http://www.pos.demc.ufmg.br/2015/trabalhos/pg2/67.pdf>> Acesso em: 5 de Jun. 2015
- VALENTE, J.P. *Certificações na Construção Civil: Comparativo entre LEED e HQE*. 2009. 65p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.



A conceptual model for sustainable development assessments

Juvancir da Silva

*Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental, Universidade Positivo, Curitiba/PR,
Dept. de Administração, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa/PR
juvancirsilva@hotmail.com*

William Bonino Rauen

*Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental, Universidade Positivo, Curitiba/PR,
Dept. de Hidráulica e Saneamento, Universidade Federal do Paraná, Curitiba/PR
wbrauen@gmail.com*

ABSTRACT: With most of the population living in cities while relying heavily upon resources provided from rural areas, the urban footprint and environmental pressure do not cease to grow, which presents great challenges for achieving sustainable communities and the Sustainable Development goals of the United Nations. Unsustainable urban growth can be seen as both a cause and a consequence of natural resource degradation, social, economic, cultural and educational shortcomings and poor and/or insufficient infrastructure. The complex interrelations amongst such matters contribute to form one of the wicked problems facing socioenvironmental systems around the globe. Any sustainability analysis must encompass such dimensions and capture such interrelations, if it is to achieve realistic results. Sound decision and policy making also depends upon robust data and information, which are usually compiled for indicators, indexes and systems of indicators. In this sense, this paper presents a new conceptual model developed for sustainable development assessments encompassing the natural, social and built capitals, as defined in the well-known Meadows report: 'Indicators and Information Systems for Sustainable Development'. Content analysis supported by a review of related international literature led to the subdivision of each capital into categories and subcategories, for which 52 sustainable development attributes were derived. Individual indicators that represent such attributes and their interlinkages can then be compiled to suit data availability and specificities of a given scenario of interest, as part of future integrated sustainable development assessments.

Keywords Sustainable development; indicators; conceptual model; capitals

1. INTRODUCTION

The ongoing social and environmental degradation as a result of economic growth was highlighted in the report 'The Limits to Growth', which was a milestone in the theory of sustainable development. The report highlighted the interdependence between economic growth and natural resources emphasizing the limits of natural order and social development for economic growth (Meadows et al. 1972).

Three main goals were then established for the conservation of natural resources: maintain ecological processes and life support systems, preserve the genetic diversity and ensure the sustainable use of species and ecosystems (IUCN, 1980). This was followed by the establishment of the sustainable development paradigm, as the development that meets the needs of present generations without compromising the ability to meet the needs of future generations (WCED, 1987). Hence, sustainable development implies achieving inter- and intra- generational equity, in a dynamic environment inseparable from society (Waas et al. 2014). Intergenerational equity requires that future generations have at least the welfare of present generations (Komiyama & Takeuchi, 2006). This view implies the recognition that limitations are imposed on current technology and social organization by limited environmental resources and ability of the biosphere to absorb the effects of human activities. The constraint of sustainability is thus imposed upon anthropogenic development, in the sense of using natural resources without reducing stocks beyond their ability to recover (IUCN, 1980).

Working in favour of sustainable development requires great effort from managers and policy makers to obtain appropriate information and reduce uncertainties, at various scales. However, sustainable development is intrinsically multidimensional and uncertain, which makes its assessment and measurement both challenging and complex. A sound understanding of the inter-relationships between different aspects of the environmental, economic and social dimensions is required to assist in structuring such a complexity for the sake of information communication and decision making (Komiyama & Takeuchi, 2006; Kajikawa, 2008; Sachs, 2009; Jerneck et al. 2011; Waas et al. 2014). Meadows (1998) is a key classical text in this respect, for its description of sustainable development aimed at providing a structured framework for building indicator and information systems.

In this context, the objective of this study was to construct a conceptual model for sustainable development analyses based upon Meadows (1998) framework of social, built and natural capitals.

2. METHODS

The object of this study was the structured analysis and characterisation of sustainable development in socioenvironmental systems. A qualitative research approach based on content analysis (Bardin, 2008) was taken. Following Gil (1999), the steps of content analysis were pre-analysis, analysis and interpretation of the document. In the pre-analysis stage, a literature review of key sustainable development publications led to the selection of Meadows (1998) as the reference text for the conceptual model development.

This report was thus scrutinised with the purpose of structuring a conceptual model. Meadows (1998) proposed assessment of sustainable development in dimensions represented by social, human, natural and built capitals. Considering the issues raised in this report and supported and complemented by a review of the literature, it was possible to identify key levels for the analytical subdivision of sustainable development aspects. Such a hierarchical subdivision was made in the order of capitals > categories > subcategories > attributes, where the latter were the key measurable sustainable development issues to be associated with indicators.

3. CONCEPTUAL MODEL DEVELOPMENT

The model is illustrated in Figure 1, in terms of the analytical subdivision into natural, social and built capitals, each with the corresponding categories, subcategories and attributes. The following sections outline the hierarchical conceptual model developed herein as a result of the content analysis and literature review.

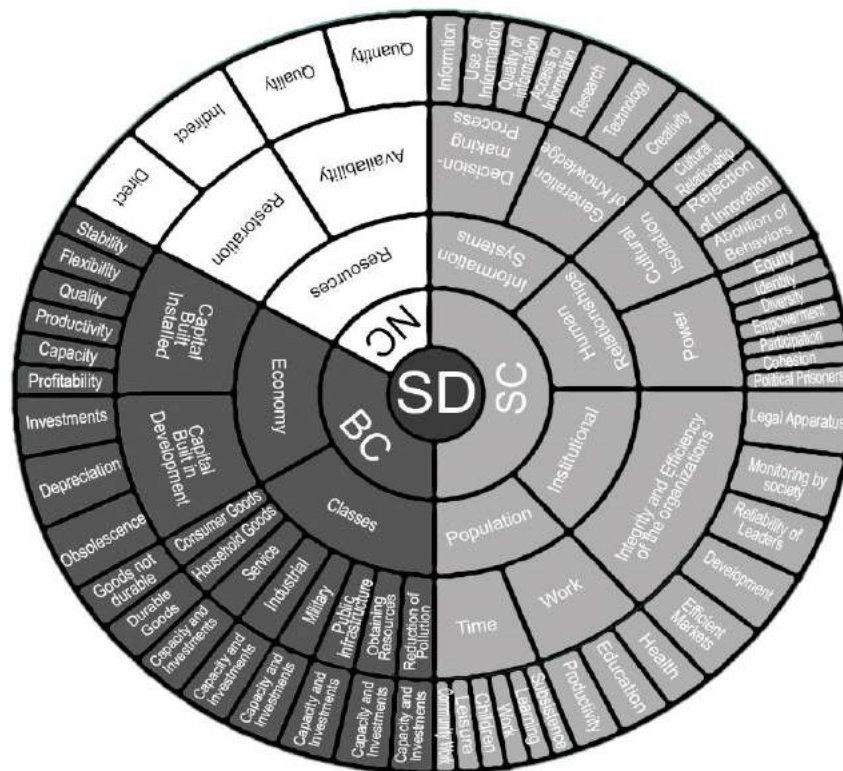


Figure 1. Conceptual framework for sustainable development (SD) assessments, in terms of the social capital (SC), natural capital (NC) and built capital (BC), with seven categories, 19 subcategories and 52 attributes of analysis

3.1 Social Capital

An instrumental perspective is defined for the social capital as relations of rational actors who, in an economically oriented way, use their social connections and social networks to gain access to resources for survival (Espinoza, 2001; Arriagada, 2003; Sehnem & Macke, 2015). In this perspective, Bourdieu (2001) refers to the social capital as the bindings and

social approaches perceived and joined by permanent and useful connections. Such connections are based on material and symbolic trading established and perpetuated by the recognition of approximations and bindings.

The social capital in Meadows (1998) is defined as the stock of attributes that do not belong to a single individual, but to society as a whole. Such attributes depict how prepared a society is to face their problems and seek solutions for sustainability. In this sense, for Meadows (1998) the human identity is a result of the social capital. The first category of analysis was thus defined as *population*. The pillars of such human capital are its characteristics, such as age, gender structure and the work force. These are factors in the production system for economic gain, through interactions with the built and natural capitals. Health, education and productivity of the human capital are attributes that allow this capital to increase or lose productivity. Another key aspect is the way in which time is allocated and spent by the population, considering subsistence activities, learning, working, raising children, leisure and community work.

In addition to this, the social capital in Meadows (1998) is further described by the following categories: *information systems*, *human relationships* and *institutionalism*. The flow of information allows for social relations to occur. The social capital is enveloped in the flow of information, so that society should be able to organize the various data that represent events in information. Quality information systems are thus a key component of the social capital, which can be used in decision-making and knowledge generation processes. The decision-making process encompasses transformation of data into information, access to information, use and quality of information. The generation of knowledge can be evaluated in terms of scientific research, technology and the capacity for technological development, and the creativity of the population (Meadows, 1998).

Human relationships was identified as another category of analysis of the social capital. It includes the set of social interactions that form society. Human relations can be evaluated by the level of cultural isolation and power relations. Culture is closely linked with collective well-being. Power is associated with the ability to direct people's efforts to achieve something that they would not necessarily achieve independently; it may, thus, be seen as the opposite of freedom (Meadows, 1998). The existence of conflict due to an uneven appropriation of social capital, and its use to maintain positions of power is taken into consideration when studying the social capital within the framework of the political conflict (Arriagada, 2003). Social participation and communication can be evaluated for identifying any unequal power distribution between groups (Lehtonen, 2004). In Meadows (1998) it is possible to identify the attributes of social cohesion, social participation, social empowerment, cultural identity, human diversity, social equity and social mobility as aspects that represent power relations in society. Human relations may also be linked with the vision of the social capital of a group, which, according to Arriagada (2003), represents its mobilisation ability by means of relations of trust, reciprocity and cooperation. Trust is the result of repeated interactions among people. Reciprocity involves favour-based exchanges, while cooperation is seen as goal-oriented action.

Based on Meadows (1998), existence of political prisoners, degree of income distribution, number of police and their distribution in the population, concentration of ownership of media in the public and private sectors and percentage of gross domestic product

concentrated in the largest companies can also be used to describe power relationships. These attributes represent democracy, for their ability to demonstrate the level of social freedom and the distribution of power. In this sense, the attributes of income distribution and political prisoners can best represent power relations, for their association with the levels of social equity and social participation.

Institutionalism figures as another category of analysis. This term is taken to represent the integrity and efficiency of the institutions, which can be analysed in terms of the legal apparatus that regulates social relations and trade, society's monitoring capacity, reliability of leaders, efficient and regulated markets, and institutional development. If such aspects are neglected, institutions are usually unable to meet social needs (Meadows, 1998). Institutionalism is also in line with the concept of social capital as networks of social relations (Bourdieu, 2001; Espinoza, 2001), through which individuals are able to guarantee access to resources and meet their needs by means of formal organizations (Meadows, 1998). Furthermore, for Sehnem & Macke (2015) elements of social organizations such as networks, norms and trust enable cooperative action and the achievement of mutual benefit within the sociocultural perspective.

3.2 Natural Capital

The natural capital represents the natural resources, both renewable and non-renewable, and ecosystem services (Daly & Farley, 2004; Dietz & Neumayer, 2007). It is essential for environmental sustainability, as its functions ensure the survival of humanity and of the biosphere as a whole. Its functions are to provide resources for the production of goods and services to humanity, to absorb wastes from production and consumption, as a life support system through climate and water, and human well-being by amenities such as the landscape (Ekins et al. 2003).

The natural capital has been described in an economic and in an ecological perspective. In the economic perspective, the natural capital is linked to the maintenance of stocks and flows of nature to provide income, being a restriction for economic growth. In ecological terms, it represents the physical volume of energy flows and stocks from the environment (Jacobi & Sinisgall, 2012).

Meadows (1998) considers the natural services for the economy as invaluable, but which should, nonetheless, undergo valuation to enable its proper use. In the economic perspective, this capital is represented by inputs of resources and energy flows from the terrestrial ecosystem, which are transformed into economically valuable goods and services, thus generating revenue for their producers. However, from the output value of natural capital processing systems one should deduct the cost of waste, as well as the costs of treating pollution or damage caused to the built, human and natural capitals. One of the biggest challenges for achieving sustainable development arises from an inadequate consideration of the costs of waste from the processing and consumption stages.

Waste resulting from the production of goods and services, if reused or recycled, can be considered as investments in natural capital, because this process reduces the depletion of natural capital for reintroduction of waste into the production process. However, if such waste causes degradation of socioenvironmental systems, it should be associated to

depreciation or consumption of natural capital (Ekins et al. 2003). For Meadows (1998), if a production system is not recycled or rendered harmless, this system cannot be maintained and sustained without serious repercussions. In this sense, it is necessary to assess the natural capital resilience, in terms of its ability to assimilate waste. The main challenges for developing sustainability indicators are the gradual natural capital degradation, interactions among its different forms and the timeframes for its exhaustion and for reaching critical limits. Such limits may be dictated by resource or waste flows. All this indicates that dynamic integrated assessment models are needed.

The natural capital is used unsustainably when its stocks are declining and/or waste is increasing. According to Ekins et al. (2003), the reduction in the stock of natural capital is a sign of environmental unsustainability. For Meadows (1998), it is necessary to determine the amount of natural capital that should be kept untouched, as insurance, admitting our ignorance about the forms and the real value of natural capital. In this case, it is necessary to identify the critical assimilation rate, as well as the timeframe for reaching an acceptable level of waste and resource depletion. In this sense, a sustainable natural capital use should be assessed through its decline and recovery, representing the relationship between the rate of use and the rate of restoration. These rates can be assessed through the *resource* category, in terms of its availability for multiple uses, in quantity and in quality terms. It is understood that if natural capital is qualitatively and quantitatively available above the levels required by the multiple uses, then there is a situation of sustainability. Otherwise, there is a situation of unsustainability. This category also encompasses the restoration subcategory, which is represented through direct and indirect conservation actions for the assimilation of waste arising from resource usage.

3.3 Built Capital

Pérez-Maqueo et al. (2013) regard the built capital as manufactured goods and the infrastructure resulting from human inventive ability and technological improvements. Bossel (1999) considers the built capital as a support system for production activities, being constituted by the economic system and infrastructure. The identified categories of analysis are, thus, *economy* and *classes*.

For Meadows (1998), operating the built capital requires natural resources (natural capital) and labour and management (human capital) to produce goods and services to meet needs of the social capital. Waste and pollution are generated in this process, which must be absorbed by the natural capital and/or by built capital systems. In this sense, the built capital is the stock of production capacity of the economy. One subcategory of analysis thus identified was the installed built capital, which can be assessed by means of its capacity, stability, flexibility, quality, productivity and profitability.

For Meadows (1998), economic productivity is determined by the built capital availability and quality. Part of the built capital income is invested back into the built capital, which influences the economy growth rate. The built capital sustainability and growth are defined by the difference between investments in production capacity and the rates of depreciation and obsolescence. In this sense, built capital under development was identified as another subcategory of analysis, which can be represented by attributes for investment, depreciation and obsolescence. This is in agreement with other built capital

literature. For instance, Bossel (1999) recommends that the built capital be assessed through the ratio between maintenance investment and the rate of depreciation, and through the built capital net growth evaluated by the infrastructure and economic system; Sachs (2009) states that adequately maintaining the infrastructure stock, equipment and buildings allows extending its life cycle and reducing depreciation, which in turn reduces the demand for replacement capital and releases resources for investment; and Pérez-Maqueo et al. (2013) recommend the analysis of built capital through public investment in infrastructure and public revenue.

Besides the economic perspective, the built capital can be analysed by the classes of capital. The industrial class represents the production capacity, industrial machines and equipment, and is an indicator of economic growth. The domestic goods class encompasses durable goods used in homes, and is an indicator of well being. The service class includes hospitals, schools, banks and government buildings that assist the social capital. The consumer goods class encompasses the consumption of paper, clothing and food, and is also an indicator of social well being. The military class represents the effort to maintain the security of natural capital, the economy and society. The class of public infrastructure involves roads, bridges, ports, water distribution systems and other systems that serve the economy, such as electricity and communications supply systems. The resource acquisition class encompasses the extraction of natural capital. The pollution reduction class includes the wastewater treatment systems, waste incinerators and repair systems, all of which are required to reduce waste emission (Meadows, 1998). These last three classes are not directly productive, but are required to cover the supply or maintenance costs of other classes.

The consumer goods and domestic goods classes can be analysed through their consumption ability of non-durable and durable goods. The remaining subcategories can be analysed by their installed capacity and investment.

4. CONCLUSION

Population growth and the concentration of human activities in urban areas have led to a scenario of natural resource depletion, uncontrolled environmental degradation and socioeconomic problems. Socioenvironmental sustainability is thus threatened, and a desire to make urban development more sustainable requires that human well being is reconciled with the preservation of environmental quality. The complex interrelations between social and environmental systems make for a challenging problem, so that any efforts undertaken to identify solution pathways require a comprehensive and structured approach. In this study a conceptual model was developed based on Meadows (1998) and other key international literature. A hierarchical structure is proposed in which the natural, social and built capitals are subdivided into categories, subcategories and attributes of analysis. A novel conceptual framework is thus proposed, aimed at supporting decision and policy making processes involving indicator-based analyses of sustainable development.

REFERENCES

- Arriagada, I. 2003. Capital social: potencialidades y limitaciones analíticas de um concepto. *Estudios Sociológicos*, XXI(3), 557-584.
- Bardin, L. 2008. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70.
- Bossel, H. 1999. *Indicators for Sustainable Development: Theory, Method, Applications*. A Report to the Balaton Group. IISD, Winnipeg, Canada.
- Bourdieu, P. 2001. *O capital social – notas provisórias*. In: Escritos de Educação. Seleção, organização, introdução e notas de Maria Alice Nogueira e Afrânio Catani. Rio de Janeiro: Vozes.
- Daly, H.; Farley, J. 2004. *Economia Ecológica: princípios e aplicações*. Instituto Piaget. Divisão Editorial. Lisboa, Portugal.
- Dietz, S.; Neumayer, E. 2007. Weak and strong sustainability in the SEEA: concepts and measurement. *Ecological Economics*, 61(4), 617-626.
- Ekins,P.; Simon,S.; Deutsch,L.; Folke,C.; Groot,R. 2003. A framework for practical application of the concepts of critical natural capital and strong sustainability. *Ecological Economics*, 44, 165-185.
- Espinoza, V. 2001. *Indicadores y generación de datos para un estudio comparativo de capital social y trayectorias laborales*. In John Durston e Francisca Miranda (org), *Capital social y políticas públicas en Chile*, vol. I, Naciones Unidas/CEPAL, Serie Políticas Sociales, 55, 23-31.
- Gil, A.C. 1999. *Métodos e Técnicas de Pesquisa Social*. São Paulo: Atlas.
- IUCN (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources). 1980. *World Conservation Strategy: Living resource conservation for sustainable development*. IUCN, UNEP, WWF.
- Jacobi, P. R.; Sinisgrall, P. A. A. 2012. Governança ambiental e economia verde. *Ciência & Saúde Coletiva*, 17(6), 1469-1478.
- Jerneck,A.; Olsson, L.; Ness, B.; Anderberg, S.; Baieer, M.; Clark, E.; Hickler, T.; Hornborg, A.; Kronsell, A.; Lovbrand, E.; Persson, J. 2011. Structuring sustainability science. *Sustain Sci*, 6, 69-82.
- Kajikawa, Y. 2008. Research core and framework of sustainability science. *Sustain Sci*, 3, 215-239.
- Komiyama,H.;Takeuchi,K. 2006. Sustainability science: building a new discipline. *Sustain Sci*, 1, 1-6.
- Lehtonen, M. 2004. The environmental–social interface of sustainable development: capabilities, social capital, institutions. *Ecological Economics*, 49, 199-214.
- Meadows, D. 1998. *Indicators and Information Systems for Sustainable Development*. A Report to the Balaton Group. The Sustainability Institute.
- Meadows, D.H.; Meadows, D.L.; Randers, J.; Behrens III, W. W. 1972. *The limits to growth. A report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*. Universe Book, New York.
- Pérez-Maqueo, O.; Martínez, M. L.; Vázquez, G.; Equihua, M. 2013. Using for capitals to assess watershed sustainability. *Environmental Management*, 51, 679–693.
- Sachs, I. 2009. *Caminhos para o desenvolvimento sustentável*. Rio de Janeiro: Garamond.
- Sehnen, A.; Macke, J. 2015. Fatores Explicativos do Capital Social no Extremo Oeste Catarinense. *Organizações & Sociedade*, 22, 309-324.
- Waas, T.; Hugé, J.; Block, T.; Wright, T.; Capistros-Benites, F.; Verbruggen, A. 2014. Sustainability Assessment and Indicators: Tools in a Decision-Making Strategy for Sustainable Development. *Sustainability*, 6, 5512-5534.
- WCED (World Commission on Environment and Development). 1987. *Our Common Future*. United Nations.



The ASUS tool as a conceptual basis for proposing the inclusion of the sustainability concept in the formation of the Architect and Urbanist

Pâmela Pegoretti

Integrated Faculties of Aracruz, Aracruz (ES), Brazil
pamela_pegoretti@hotmail.com

Kamila Zamborlini Waldetario

Integrated Faculties of Aracruz, Aracruz (ES), Brazil
kamilazw@gmail.com

Cristina Engel de Alvarez

Federal University of Espírito Santo, Planning and Project Laboratory, Vitória (ES), Brazil
cristina.engel@ufes.br

ABSTRACT: The term sustainability is widely used in the construction industry as the subject of research, seminars and conferences. The discussion ranges from materials and techniques for construction to the use of the edification, allowing the identification of various application possibilities within the architecture field. The evaluation tools and certifications of buildings support achieving sustainable practices in the sector, as they set parameters that contribute to the decision-making since the project stage. However, theory and practice with its results are pushed apart due to both: no demanding for certifications in small projects; and the academic unpreparedness of professional designers, which are unaware of concepts and technologies for this purpose. This research is motivated by the identification of the need for disciplines that aim at what is called the teaching of sustainability in graduation. The objective of this research is the identification of potential disciplines for including sustainability concepts in the curriculum of Architecture and Urbanism course of the Integrated Faculties of Aracruz, considering the changing requirements of buildings and urban environments, as well as the mismatch of the theme in traditional curriculum. The methodology is based on the analysis of the disciplines and on the verification of applicability of the items from ASUS assessment tool, developed by the Planning and Project Laboratory at UFES. The result reveals both a discrepancy between teaching and the market, and a great potential of some disciplines for including concepts of more sustainable buildings and the related practices.

Keywords Sustainability, pedagogical project, architecture, assessment tools.

1. INTRODUCTION

Sustainability is present in almost everything around us. Much has been discussed on the subject in many areas and sectors of modern society. In civil engineering sector the term achieved an important place in the market, adding value to buildings by using more sustainable technologies. In the academy setting it has become an important object of study, research, seminars and conferences around the country and around the world, aiming at the same goal: building sustainable practices and technologies for the construction industry.

According to Agopyan & John (2011), to achieve the sustainability of the construction it is essential to incorporate innovation, including changes in all construction's activities, having as the concept of innovation the new knowledge that is put into practice.

Different justifications exist for investing resources in studies on the sustainability theme in civil construction. Amongst the most common ones is the possibility of reducing the impact generated by the construction of buildings, seeking for solutions where the new buildings are approximately balanced with the environment they are entering. It can also be noticed that economic and social motivations begin to take on an important role in this context. However, despite the justifications, the related innovation produced by researches are seldom effectively put into practice.

In recent years, one of the solutions implemented in the market to help reducing the environmental, social and economic impacts caused by construction was the creation of tools designed to evaluate and certify buildings as "sustainable". The evaluation of aspects related to technologies associated to environmental impacts is usually considered with greater intensity, giving rise to the so-called green buildings. This type of tool has supported the establishment of parameters, often with low or average cost of deployment. Even when there is no interest in certification, the tool contributes for decision-making at the project stage and guide it to a balance with the environment, with greater or lesser degree.

For example, the rainwater harvesting and solar heating are alternatives that have been often applied regardless of the interest in certification. This is due to a change in the industry mindset and the awareness about the importance of contributing to the environment. Moreover, such technologies are often associated with an effective savings during the useful life of the building.

The demand for certification in the construction industry has been growing in recent years according to each type of building. Despite the differences, all of them follow the same concept: causing less impact on the environment (Agopyan & John, 2011). However, the evaluation tools still have a limited coverage, usually being restricted to buildings that are aimed at achieving the title of "green building". It is believed that such restriction is due to the lack of professionals with the knowledge required to design with techniques, materials and technologies that lead the building construction to more sustainable solutions.

It is known, in principle, that this unpreparedness may be related to the training of professionals, which only find the needed expertise in specialized courses and post-graduate programs specifically focused on the sustainability theme.

In undergraduate courses, the disciplines usually do not cover specific content focused on sustainability issues, being the student restricted to two possibilities: learning from the teacher that has this specific knowledge or being motivated to search for the best performance of the building. In some cases, undergraduate students only come to learn about the theme when looking for subjects to develop their final graduation projects. In this way, the professional goes unprepared to the labor market and is often insecure to apply even simple techniques or to opt for more suitable materials.

Introducing these concepts in the academic community and contributing to the training of the professional by enabling him to execute more sustainable projects, is already part of the national curriculum guidelines for undergraduate courses in architecture and urbanism. According to the Ministry of Education, through Resolution No. 2 of June 17th of 2010 that establishes these guidelines, the course should follow a pedagogical proposal that ensures the training of professionals on acquiring the ability to understand and translate the needs of individuals with respect to design, organization and construction of indoor and outdoor space, including town planning, building, landscaping, conservation of built heritage, protection and balance of the natural environment and the rational use of available resources (Brazil, 2010).

Therefore, the general guidelines are already established but it is still necessary to have a methodology for the subject to be effectively inserted in the undergraduate curriculum. Ideally the theme should permeate each of the disciplines, rather than being addressed in a specific discipline with the title "sustainability" - or similar - disconnected from other ones.

The study presented in this article is based specifically on the curriculum of the Architecture and Urbanism Course of the Integrated Faculties of Aracruz (FAACZ), located in the city of Aracruz, Espírito Santo (FAACZ, 2016). The institution was founded in 1989 and the Department of Architecture and Urbanism was created in 2001. Since then, the curriculum has been undergoing constant changes, and the last revision took place in 2015. With each adaptation, the college searches for disciplines according to what it is required in the labor market, in order to keep students updated so that the knowledge gained in college is compatible with the professional needs.

Curriculum revisions should occur usually every 05 years, avoiding its lag. However, technological changes and market demands has made these adjustments more frequent. Thus, FAACZ has planned more changes for the curriculum in 2016. It is in this context that this research is justified: to include the sustainability concepts in the new curriculum of Architecture and Urbanism course.

2. OBJECTIVES AND METHODOLOGY

The general objective of this research is to contribute to the adaptation of the curriculum of the Architecture and Urbanism course in the Integrated Faculties of Aracruz (FAACZ). The curriculum is being reformulated in order to meet national curriculum guidelines as well as to provide a training that is more suitable to the labor market needs.

To fulfill this objective, both syllabuses of the course curriculum of 2015 and the ones proposed for 2016 were analyzed. Then, it was sought to identify the potential of each discipline by relating it to certain concepts concerning sustainability issues in architecture and urbanism. For example, in the discipline of Hydro-sanitation Facilities, which covers topics related to buildings systems of cold water, hot water, sewage and rainwater, it is feasible to insert several specific concepts such as use of rainwater harvesting, greywater reuse, solar heating, water-saving equipments, etc. Consequently, it is possible to extend of the class load foreseen as 80 hours in the previous curriculum.

The structuring of the evaluation process based on the content and indicators proposed by a sustainability assessment tool is adopted as a fundamental methodological approach for considering the following matters: (i) sustainability issues should be deeply linked to the local reality (Bissoli Alvarez & 2008); (ii) sustainability assessment tools address through their indicators the aspects inherent in the concept of sustainability for the building and the city; (iii) most of the desirable actions are defined in the project stage and therefore under the aegis of the architect and urban planner.

Therefore, the research methodology is based on confronting disciplines against evaluation criteria, carrying out the specific check of applicability in each criterion and identifying potential disciplines for its introduction. To this end it was chosen the sustainability assessment tool named ASUS Tool (PLANNING LABORATORY AND PROJECTS, 2015), which has criteria applicable for environmental, social, economic and cultural conditions of the State of Espírito Santo.

Furthermore, given that the effectiveness of teaching methodology is directly linked to the continuity and interdisciplinary, it was identified that in this study it is possible to propose learning stages for each topic to be addressed. The proposed stages are:

Introduction: where the issues can be addressed still in preliminary form, embedded in other contexts, usually in disciplines of the first periods, so that the student will be made aware of the importance of this subject and of its relationship with the production of architecture and urbanism;

Conceptualization: in disciplines that will address the subject still in a theoretic view but more in deep, explaining parameters, rules and specific concepts of each subject in order to enable the student to learn thoroughly the theme, preparing him for the following phases;

Analysis and critical thinking: at this stage, it should be addressed case studies, technical visits and other methods for approximating the students to the applicability of this matter in reality, allowing them to analyze and report the situation, exercising their critical thinking on the concepts previously studied;

Project practice: based on the studied concepts and after verifying the ways of application of the subject to architectural and urban design, the students should be encouraged to exercise it in project practice, having the evaluation criteria as constraints of the different projects developed during graduation.

The interdisciplinarity is considered the most appropriate way to introduce the sustainability content in the architecture and urbanism teaching - which can be done, for instance, through the practice of integrated workshops. However, achieving interdisciplinarity still presents some difficulties in the FAACZ course since it represents a major change along with the other ones proposed in this study.

Thus, the method used in this research is the systematization of information through data sheet where, for each evaluation criteria from the ASUS tool, each discipline can fall into one or more learning stages. The spreadsheets were developed by categories, having subcategories or evaluation criteria as columns and learning steps as rows. Thereby the disciplines can be distributed in a systematic way where a single discipline can approach more than one learning stage within the same sub-category or even approach a specific learning stage of several sub-categories.

The goal is to spread the content in the maximum possible number of disciplines so the student can get in touch with the themes in a distributed and contextualized way during all the proposed cycles by the institution's new curriculum. Therefore, in theory, the student will have at the end of the graduation course, the skill, knowledge and confidence to create a project based on the sustainability concept, seeking to meet each of the presented guidelines in the best way.

3. RESULTS

The application of the proposed methodology generated a number of tables, through which some observations are made in this Section.

The Table 1 shows an example of the method applied for the themes (i) "Resource Consumption" in its category "Water" and (ii) "Environmental Loads" in its category "Rainwater and Wastewater". This demonstrates the alleged need for expanding the class load of some disciplines, such as the one covering the contents of hydro sanitation facilities, in order to necessarily include in the course syllabus the several possibilities of saving, harnessing and reuse of water, besides architectural measures to help prevent waste, stressing that this is an aspect of fundamental importance for the current reality of the state of Espirito Santo.

Table 1. Application example of the methodology to the category “Water”

STAGE	B – RESOURCES CONSUMPTION		E – ENVIROMENTAL LOADS	
	B.3 – Water		E.3 – Residual water and rainwater	
	Use of alternative water sources	Rational use of water	Rainwater management	Wastewater management
Introduction	Urban infrastructure	Hydro-sanitation Facilities	Urban infrastructure	Urban infrastructure
	Hydro-sanitation Facilities		Hydro-sanitation Facilities	Hydro-sanitation Facilities
Conceptualization	Hydro-sanitation Facilities	Hydro-sanitation Facilities	Hydro-sanitation Facilities	Hydro-sanitation Facilities
Analysis and Critical Thinking	Hydro-sanitation Facilities	Hydro-sanitation Facilities	Hydro-sanitation Facilities	Hydro-sanitation Facilities
Project Practice	Architecture Project: Hybrid Building	Architecture Project: Hybrid Building	Architecture Project: Hybrid Building	Architecture Project: Hybrid Building
	Integration Project: Housing Complex	Integration Project: Housing Complex	Integration Project: Housing Complex	Integration Project: Housing Complex

The Table 2 shows an example of the method applied for the theme "Resource Consumption" in its category "Energy". It is possible to observe that exist only few disciplines whose syllabus would be able to absorb the learning stages of this category. Basically, disciplines such as Electrical Installations and Lighting and Thermal Comfort would have features that approach the concepts to be inserted in this theme. However, it is known that the current class load of these disciplines do not accomodate an increase of content, and therefore it would be required the expansion of the class load or the creation of new disciplines such as Electrical Installations II or similar.

Table 2. Application example of the methodology to the category “Energy”

B - RESOURCES CONSUMPTION						
B.1 ENERGY						
	Use of energy from renewable sources generated on site	Energy efficiency determined by envelopment	Energy efficiency of the air conditioning system	Density of limit light potency	Mechanisms for energy savings in the elevators system	Use of efficient equipment in the building's renewable energy system
Introduction	Electrical Installations	Electrical Installations	Lighting and Thermal Comfort	Lighting and Thermal Comfort	Electrical Installations	Electrical Installations
Conceptualization	Electrical Installations	Electrical Installations	Lighting and Thermal Comfort	Lighting and Thermal Comfort	Electrical Installations	Electrical Installations
Analysis and Critical Thinking	Electrical Installations	Electrical Installations	Lighting and Thermal Comfort	Lighting and Thermal Comfort	Electrical Installations	Electrical Installations
Project Practice	Architectural Project: Hybrid Building	Architectural Project: Hybrid Building	Architectural Project: Hybrid Building	Architectural Project: Hybrid Building	Architectural Project: Hybrid Building	Architectural Project: Hybrid Building

However, another observation from this study that can be exemplified with Table 2 is about the chronology of the disciplines. For example, the practical disciplines in whose project development proposals would fit the application of the studied concepts about energy happen in periods prior to the one where Electrical installations is studied. Thereby, the simple class load expansion for the discipline could not be as effective as expected in the process of teaching and learning, since students would not have project practices where they could apply the studied concepts. To this end, a proposal for a chronological reorganization of the disciplines would be required.

It was also observed that some aspects can be suppressed or grouped together. For example, still in Table 2, the criterium of "Deployment Feasibility Study of a renewable energy system generated in the building", originally existent in the ASUS tool, was suppressed from the table since this concept could be merged to the criterium "Use of Energy from renewable sources generated on site ". On the other hand, some aspects may be further subdivided or addressed in more than one discipline. For example, the conceptualization of the criterium "Multiple Uses" can be addressed under the historical aspect and within the urban legislation.

This restructuring of the criteria approached by the ASUS tool, proposed for the spreadsheets in this research, aims to their adaptation to support the inclusion of the sustainability concept, in its several possibilities, in the process of reformulation of the curriculum of the course of Architecture and Urbanism of FAACZ. To this end, the method aims to benefit from the systematization of the criteria, organizing them in a less complex way, enhancing the capacity and possibility of successful application in the specific situation here proposed.

In addition to the practical results, which indicate the possibilities of improvement in the method and suggest guidelines for restructuring the course curriculum, it can still be reported as a result the possibility of involvement of almost all disciplines of the course, in contrast to the idea that sustainability in buildings would apply only to the disciplines of technologies and projects.

Table 3 shows an example of the method applied for the theme "Enterprise Planning" in its category " Urban Interrelationship and Site Development".

Table 3. Application example of the methodology to category "Urban Interrelationship and Site Development"

A – ENTERPRISE PLANNING						
A.2 - URBAN INTERRELATIONSHIP AND SITE DEVELOPMENT						
	Harnessing of Constructive Potential	Multiple Uses	Incentive to non-motorized transportation	Compensations to traffic generating poles	Provision of green spaces in the enterprise	Use of native or adapted plants
Introduction	Architectural design	Integration Project: The Edification	Urbanism: Urban Analysis	Urbanism: Urban Analysis	Introduction to Architecture, Urbanism and Landscaping	Introduction to Architecture, Urbanism and Landscaping

Continues

Conceptualization	Integration Project: The Edification	Integration Project: The Edification	Urban infrastructure	Urban infrastructure	Green infrastructure	Green infrastructure
		Theory of Contemporary Architecture and Urbanism				
Analysis and Critical Thinking	Integration Project: The Edification	Theory of Contemporary Architecture and Urbanism	Urban infrastructure	Urban infrastructure	Green infrastructure	Landscaping
Project Practice	Architectural Project Community Equipment	Architectural Project Community Equipment	Urban Planning	Urban Planning	Green infrastructure	Landscaping
	Architectural Project Hybrid Building	Architectural Project Hybrid Building			Landscaping	

In this context, it is worth highlight that the analysis of the category "Enterprise Planning" points to a greater weight of responsibility in disciplines related to urbanism. Indeed, the urban planning within the sphere of government has the responsibility to regulate interventions in the territory, directing growth vectors, defining occupancy criteria, restricting or encouraging densification in certain areas, creating settlement patterns that minimize the need for cars, the consumption of energy and natural resources, etc. Therefore, the aspects of urban interference proposed by ASUS tool, such as the ecological value of the site, vulnerability to flooding and natural disasters, soil contamination, protection of water bodies, proximity to public transportation and incentive to non-motorized transportation, were considered in the same way as the procedures adopted for the edification.

4. FINAL CONSIDERATIONS

From the first observations, it is identified that the viability of the proposal involves the chronological and structural reformulation of the course curriculum. However, it is worth noting that this research has a very specific focus, and that several other factors must be considered besides the systematic application of sustainability concepts, since the curriculum of the Architecture and Urbanism course is quite broad.

Given that this article presents the first step among many others that compose a broader work of support for the systematic restructuring of the curriculum of the course of Architecture and Urbanism of FAACZ, the results point to new unfoldings in the research, as it was expected.

As a result of this research, the introduction of the sustainability assessment criteria in the disciplines of the Architecture and Urbanism course is considered viable and has real possibilities of applicability. However, it was confirmed, as already expected, that it is essential to obtain the involvement of teaching staff and students to improve the initial

ideas launched in this research, indicating not only suggestions for structuring the proposed change, but also situations that could derail it.

In this regard, an important unfolding of this research will be the development of questionnaires to senior students, graduates working in the labor market and professors in order to identify expectations and obtain practical contributions from various points of view for adhering the disciplines to the various aspects of sustainability. In this way everyone involved will act as effective contributors, favoring the interdisciplinarity in which is based the success of this proposal.

Another result is that some subcategories could be suppressed or merged in other ones to simplify the method. Likewise, some subcategories could be subdivided.

The use of the Asus tool has shown to be an important initial parameter for this study, for being developed for the local reality as well as for being systematized into topics and for addressing in a broad way the application of the concepts intended to be inserted in the teaching practice of the Architecture and Urbanism.

This research also leads to reflection that the sustainability theme needs to be directly and clearly addressed in the classroom, not only in a generic way. It is important the undergraduate student to be aware of the term's meaning and how to apply it.

The concept of cultural sustainability emphasizes the need to seek local solutions, adapting them to the local culture and ecosystem. Due to that, the adaptation of the ASUS tool has shown to be fundamental, since the tool systematizes the aspects that are more relevant and have effective applicability in the state of Espirito Santo.

Furthermore, it was observed that organizing the teaching in stages properly outlined made it possible to cover almost all the disciplines of the proposed course curriculum, not leaving only to the practical disciplines the role of "teaching how to design" but also involving the theoretical disciplines, in order to provide the necessary knowledge for the students to develop the practical application of what they are studying.

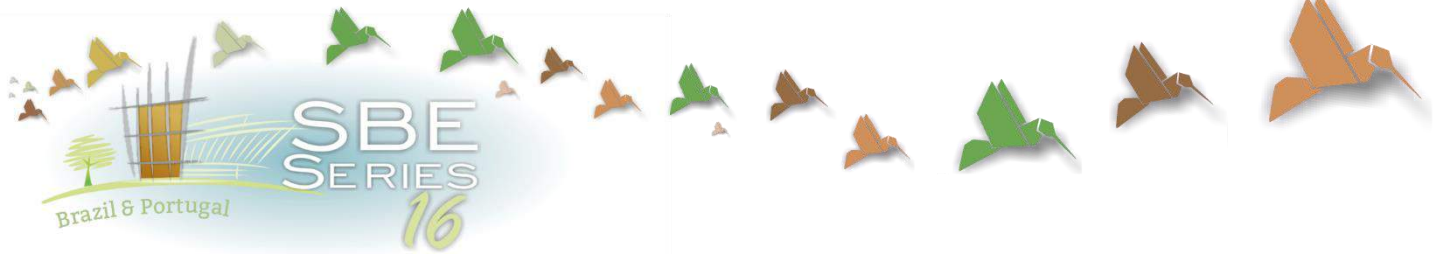
In the practical disciplines, the student can exercise the contents taught in the theoretical disciplines aiming to apply the concept of sustainability, from the decisions related to the choice of the land – and establishing strategies conditioned to their natural features, including the expansion of the relevance of the building in relation with the surroundings – to the planning of operation and use of the building. It is also expected that with the improvement of the process, it will be possible to incorporate the concept of "from cradle to grave" for all project exercises in the course.

THANKS

The authors thank the Integrated Faculties of Aracruz (FAACZ) for the availability, attention and contribution to this research.

REFERENCES

- AGOPYAN, V. e JOHN, V. M. 2011. *O Desafio da Sustentabilidade na Construção Civil*. São Paulo: Blucher.
- BISSOLI, M. ; ALVAREZ, C. E. . A inserção dos conceitos de sustentabilidade no ensino de arquitetura: experiências na Universidade Federal do Espírito Santo. In: *I Encontro Latino Americano de Universidades Sustentáveis, 2008, Passo Fundo*, RS. Anais do ELAUS 2008. Passo Fundo: SDPromo, EMSU, UPF, USP, 2008.
- LABORATÓRIO DE PLANEJAMENTO E PROJETOS. 2015. Universidade Federal do Espírito Santo. Referencial Teórico Ferramenta ASUS. Disponível em: <<http://asus.lpp.ufes.br/>> Acesso em 10 março 2016.
- BRASIL. 2010. Ministério da Educação. Conselho Nacional da Educação. Câmara de Educação Superior. Resolução nº2, de 17 de junho de 2010. Brasília: MEC, CES, 2010.
- PROJETO Político Pedagógico: Departamento de Arquitetura e Urbanismo. Faculdades Integradas de Aracruz, Espírito Santo, Aracruz, 2016.



Integration of Experimental and Simulation Computer Fluid Dynamics to Improve Natural Ventilation in Buildings for Hygrothermal Comfort and Energy Savings

José Roberto García Chávez

Metropolitan Autonomous University, Graduate Programme. Mexico City, Mexico

joserobertogsol@gmail.com

Guilebaldo Tolentino

National Polytechnic Institute. Mexico City, Mexico. Laboratory of Applied Thermal and Hydraulic Engineering

gte@maya.esimez.ipn.mx

René Tolentino

National Polytechnic Institute. Mexico City, Mexico Laboratory of Applied Thermal and Hydraulic Engineering

rene_toes@yahoo.com.mx

Andrés García Trujillo

University College Mayor of Cundinamarca, Bogotá, Colombia

amgarciat@unal.edu.co

ABSTRACT: Buildings consume nearly half the global annual energy use that comes mainly from the burning of fossil fuels, which provokes the emission of greenhouse gasses (GHG), and consequently global warming and climate change, among other consequences. The Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2014) confirms and ratifies the necessity for immediate and sustainable actions to reduce the burning of fossil fuels. Buildings play an important role for this to come about, as they are responsible for almost half of the CO₂ emissions. One strategic area for this approach to be applied is in providing effective natural ventilation in buildings to achieve the maximum possible comfort conditions for the occupants at the minimal consumption of energy. The objective of this research is focused on the integration of experimental and simulated fluid dynamics techniques in buildings, aimed at providing sustainable educational design tools for engineers and building practitioners. The results indicated that the suitable use of experimental and simulation techniques for analysis and evaluation of natural ventilation are useful tools to achieve a significant reduction on energy consumption whilst improving the occupant's hygrothermal comfort and the environment, and to promote sustainability.

Keywords *Thermal comfort, Natural Ventilation, buildings, hygrothermal comfort, energy savings.*

1. INTRODUCTION

The supply and control of natural ventilation is essential in all type of buildings. The use of natural ventilation plays a crucial role in the design of buildings for hygienic reasons and for providing hygrothermal comfort conditions to the occupants, as well as for achieving energy savings and improving the environment.

Methods for evaluating natural ventilation in buildings include mathematical and computer models as well as experimental procedures. Three-dimensional physical simulators, in the form of wind tunnels are practical and useful tools for studying air movement patterns in and around buildings experimentally in architectural and urban projects. The utilization of wind tunnels can provide two components: Visualization of airflow patterns in and around buildings and measuring of wind pressures and speeds. These two components are complemented with computer fluid dynamics (CFD) that is computer simulations for visualization and measuring pressures and wind speeds.

Nowadays, most modern buildings incorporate architectural styles and materials that ignore the local climate as well as its cultural and traditional factors. This is the predominant case of many contemporary buildings located in hot climate regions. As a result, such buildings are highly dependent on mechanical and electrical systems to control the indoor environment. This situation causes the consumption of large quantities of energy and thus high running costs for both artificial lighting and air-conditioning systems (AC), associated with problems of occupants' discomfort, both hygrothermal and visual, among others.

2. POTENTIAL OF PASSIVE COOLING TECHNIQUES

The bioclimatic strategy of "Passive Cooling" is an approach that focuses on heat gain control and heat dissipation in a building aimed at improving the occupant's hygrothermal comfort whilst reducing the energy consumption. It works either by preventing heat from entering the interior (heat gains prevention) or by removing heat from the building (heat dissipation or natural cooling). This later cooling technique utilizes on-site energy, available from the natural environment, combined with the architectural design of building components and the building envelope, rather than mechanical systems or HVAC, to dissipate heat from the internal architectural spaces. It has been demonstrated in previous studies that the implementation of passive cooling techniques in buildings with high thermal cooling loads is a promising alternative to contribute to solve high external and internal heat gains and high energy consumption patterns, occupants' thermal discomfort and health conditions whilst reducing environmental damage problems (Artmann, et al, 2007; Blondeau et al., DeKay, et al. 2014; García Chávez, 2015; Givoni, 1994 Santamouris et al, 1996, Lechner, 2009; Kwok et al., 2014). Likewise, the results of traditional or vernacular architecture, with simple common sense solutions in different regions of the world, have demonstrated the effectiveness to respond to the specific climate conditions aimed at achieving hygrothermal comfort conditions of building's occupants, whilst reducing the energy consumption and energy demand of conventional energy fossil fuels for operation and maintenance of the buildings, as well as decreasing the emission of greenhouse gasses (GHG) to the environment (Givoni, 1994; Fernandes et al , 2015).

Therefore, passive cooling strategies offer real opportunities for improving the occupants' ambient comfort conditions in buildings located in prevailing hot climates and/or during overheating conditions, whilst reducing the energy consumption due to the use of mechanical systems for space climatization (AC).

3. NATURAL VENTILATION AS A PASSIVE COOLING TECHNIQUE TO PROVIDE HYGROTHERMAL COMFORT IN BUILDINGS

Natural ventilation is one of the passive cooling techniques which can be applied as a powerful bioclimatic strategy to provide hygrothermal comfort to occupants of buildings. Natural ventilation can be defined as the desirable air exchange (such as through open windows horizontal or sloped openings, among other building elements), capable of cooling the space, the structure, and/or the occupants' bodies.

In this research, the natural ventilation strategy was selected for investigation applying experimental techniques in a wind tunnel and simulation CFD techniques to assess the performance of typical building configurations, aimed at providing sustainable educational design tools for schools of architecture and engineering, as well as design alternatives for engineers and building practitioners. The results of this research indicated that the suitable implementation of these techniques in the design and construction of buildings in different climates could lead to a decrease on energy consumption whilst reducing environmental impacts and improving the occupant's hygrothermal comfort and the environment.

4. USE OF A WIND TUNNEL TO ASSESS THE PERFORMANCE OF CONVECTIVE COOLING IN THREE-DIMENSIONAL PHYSICAL MODELS

Previous research work has identified the usefulness of wind tunnels for assessments of naturally ventilated structures (Vickery, 1981; Tolentino et al, 2008. 2015). This work investigated the potential of natural ventilation techniques in typical building configurations aimed at reducing energy consumption whilst providing hygrothermal comfort conditions for real building occupants. For the assessments of these techniques perplex three-dimensional physical models were applied through the experimental work, using a wind tunnel, which served to demonstrate the advantages of using natural ventilation (Figures 1, 2 and 3). The perplex scale models were introduced in the wind tunnel for investigation of their performance under some conditions, meant to enhance natural and optimize ventilation real buildings.

Figure 1. 3D Physical scale model 1 showing section frame with Thin wires for visualization technique



Figure 2. 3D Physical scale model N1 in wind tunnel operating at 2 m/sec speed, showing section frame with thin wires moving for visualization technique

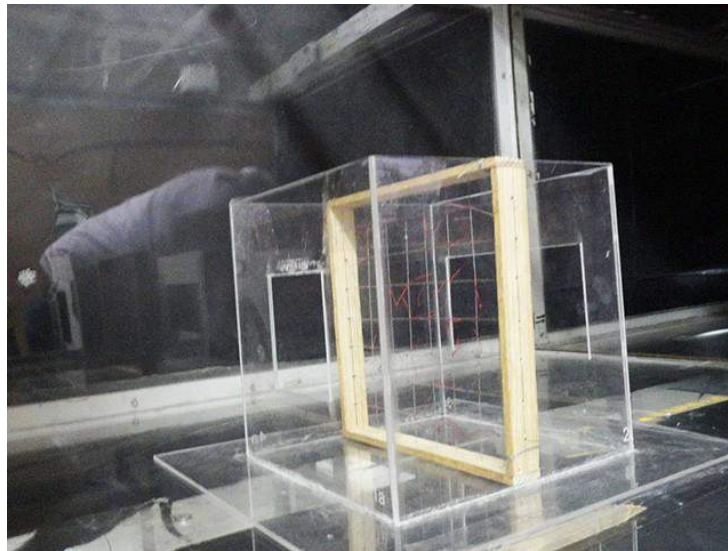


Figure 3. 3D Physical scale model N2 showing section frame with thin wires for visualization technique and hot wire anemometer for pressure and wind speed measuring



The wind tunnel utilized for the experimental work is located at the Laboratory of Applied Thermal and Hydraulic Engineering.

It is an open circuit wind tunnel with a suction and pressure test section. The airflow is generated by a centrifugal fan driven by a 74.6 kW (100 hp) electrical motor controlled with a variable frequency drives, to get different velocities in both test sections. The highest wind velocity in the suction test section is 65 m/s. This velocity depends of environmental conditions like temperature, pressure and humidity (Figure 4).

Figure 4. View of the wind tunnel used during the experiments



The test section has a rectangular cross section of 0.8 meters by 0.6 meters, a variable length of 4.0 meters. The wind tunnel has a settling chamber to have a good flow quality in the test section. The components are a bell mouth follow by a honeycomb grid with a cell size of 10.5 mm, thickness of 0.2 mm and a length of 85 mm. Once the flow passes through the honeycomb grid, there are five screens of 20 meshes, wire diameter of 0.23 mm and an open ratio area of 0.67, to reduce the velocity fluctuation in the test section. At the end of the settling chamber, there is a contraction with an area ratio of 9:1, a length of 1,680 mm manufactured with plywood. Details of the design of the wind tunnel are shown in a previous work [12]. The flow quality in the test section was verified by measurement of velocity profile, turbulence and boundary layer in the test section by means of a hot wire anemometer. The results demonstrated that the velocity variations in the test section are less than 1% and the turbulence intensity is less than 0.5% in (Tolentino et al, 2015, Murakami, (1991).

5. METHODOLOGY

5.1 Instrumentation

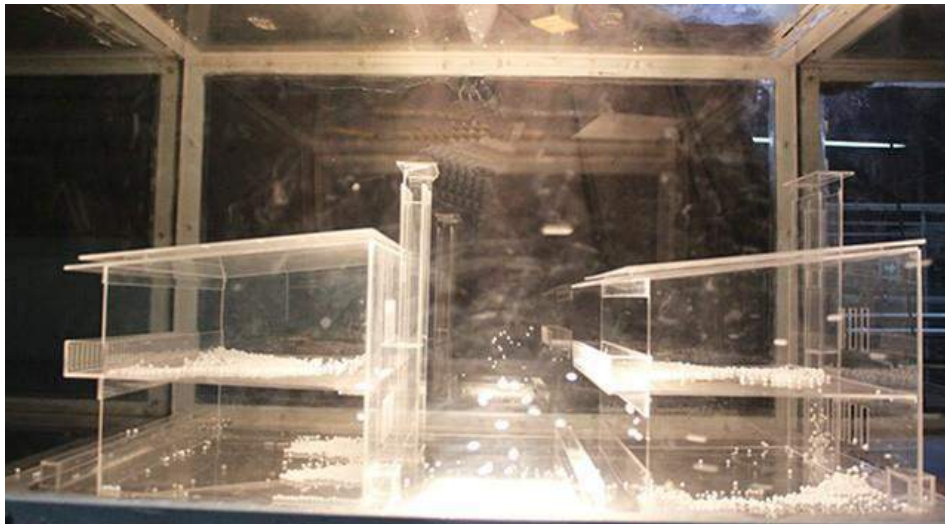
The instrumentation used to get the velocity distribution was a constant temperature hot wire anemometer, 90C10 model. The probe 55P11 was used to measure the velocity and turbulences intensity. The probe was calibrated in a velocity range from 0.5 m/s to 50 m/s. Frequency and time sample were 30 kHz and 30 s for all measurements.

The probe was moved by a three dimensional traverse system. The traverse is outside the tunnel in order to avoid the blockage effect. Pressure, temperature and humidity relative were also measured during the experiments by means of a local on-site meteorological station. Data velocities collected were reduced to get the turbulence intensity [%] in every point measured.

5.2 Development of the Experimental Work

Before the implementation of the experimental work, the design variables to be analyzed were established. During the first set of the experimental work, cross ventilation was assessed in the two scale models. Different visualization techniques were applied and subsequently pressure and wind speed were measured. A third scale model was subsequently evaluated using also visualization techniques and measurements of pressure and wind speed. This scale model included evaluation of direct wind and by means of the differences in temperature and pressure of the air. This natural ventilation strategy is called buoyancy or “stack effect” or “chimney effect”. The effectiveness of both cross ventilation and stack effect were demonstrated in the scale models evaluated (Figures 1, 2, 3 and 5).

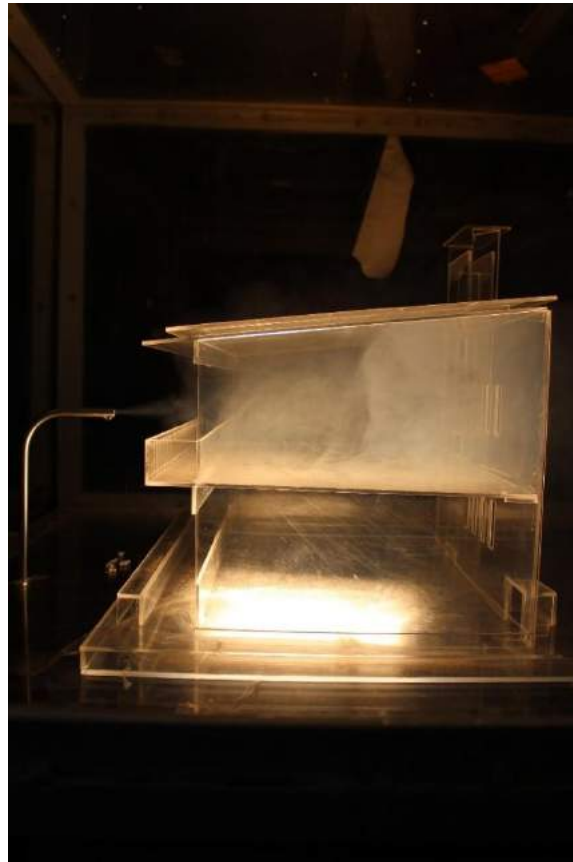
Figure 5. 3D Physical scale model N3 of a real educational building in wind tunnel operating, showing visualization technique of small polystyrene spheres



For the monitoring of the air velocities, three measuring points were located within the physical scale models at 120 cm height. Hot wire anemometers were used for the measurements in the physical model whilst maintaining the required velocity, controlled by the electronic speed system of the wind tunnel. For visualization of air patterns inside the physical model, the techniques used to identify the air movement was by means of a) Section frame with thin wires; b) Small polystyrene spheres; and c) Smoke flux fine at different heights to provide a complete scan of the scale models. High resolution digital video and fixed pictures were applied to capture air movement pattern images (Figures 2, 5 and 6).

The average ambient temperature range recorded during the experiments was from 22° C to 23° C; the relative humidity varied from 62% to 63%, and the atmospheric pressure was stable at 79.8 kPa. The indoor air speeds within the model were measured as a percentage, relative to the external wind velocity at window level. Since the physical models tested had no curved surfaces, the air flux was discharged from the borderlines and thereby the results become independent of the Reynolds Number. Therefore, this outcome is a valid approximation, as the comparisons of velocity percentages of the model investigated relative to the air flux in a 1: 1 real case, and therefore, it is a reliable parameter for analogy.

Figure 6. 3D Physical scale model N3 in wind tunnel operating, showing visualization technique of smoke at different heights



6. ANALYSIS OF COMPUTER FLUID DYNAMIC RESULTS

Computer Fluid Dynamics (CFD) techniques were applied for the three models investigated in the experimental work in the wind tunnel. The results of the CFD analysis have shown a close approximation of the performance of air movement both outside and inside the analyzed models (Figures 7, 8, 9).

In model N1 model (for cross ventilation analysis), it can be seen an increase of air velocity inside the space. In model N2, with a 2:1 ratio, i.e. greater outlet opening relative to the inlet opening, it can be observed a more uniform upwards widespread air movement useful to promote heat gains and to dissipate polluted indoor airborne particles of an architectural space, even though air velocity is not increased. Finally, in model N3 (a real school building simulated), the performance of natural ventilation and the extracted chimney thermal convective effect is clearly observed, driving exhausting indoor air (hot and/or polluted air) towards the outside, at a greater air speed, not as large as in model N1 though, significant.

Figure 7. Model N1. Cross ventilation using CFD to visualize and calculate air velocity and pressure

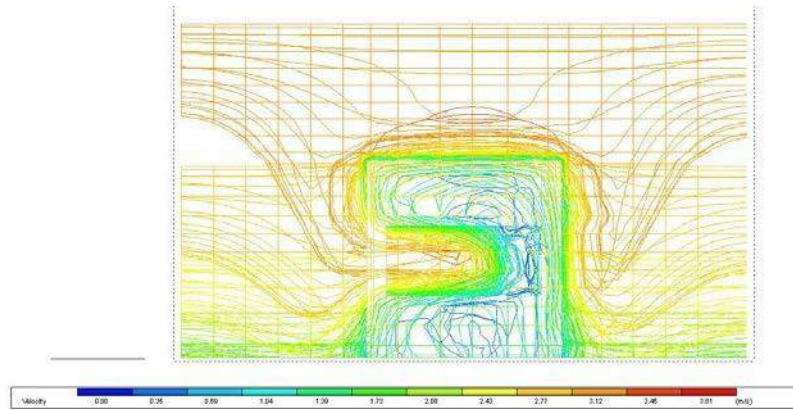


Figure 8. Model N2 Cross ventilation with Inlet (lower) and Outlet (upper) Openings. Ratio 1:2, using CFD to visualize and calculate air velocity and pressure

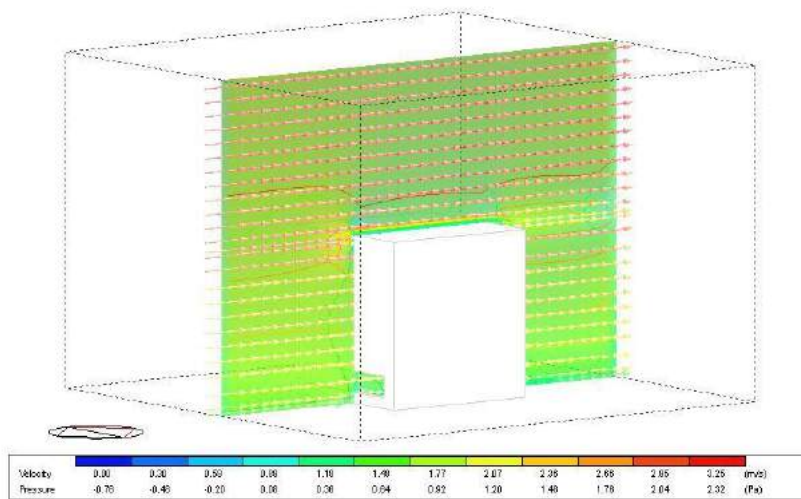
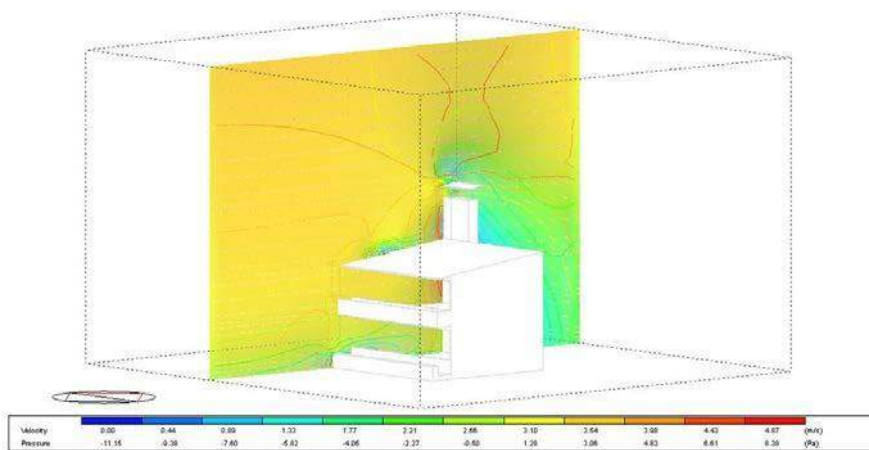


Figure 9. Model N3 Stack Effect. Educational Building with Wind Catcher and Chimney and Thermal Convective Effect using CFD to visualize and calculate air velocity and pressure



7. ANALYSIS OF RESULTS AND INTERPRETATION

The experimental work demonstrated that the use of natural ventilation can provide hygrothermal comfort in real buildings. When comparing the cross ventilation design alternatives with wind direction perpendicular to the façade, that is at 90°, average percentages relative to the external wind velocities were reduced within a range from 15 to 21%. It was found that when wind direction was at 45°, the air movement inside the models was optimized, increasing an average of 36% relative to the direct cross ventilation design alternative.

These results were consistent with previously reported studies (Kaiser, et al, 2015). As to natural ventilation simulations made through the use of CFD, this approach offers architects, designers and building practitioners, an essential tool for obtaining useful information of any architectural project about the behavior of air movement inside and outside the buildings, particularly since different strategies and systems can be analyzed and evaluated to optimize the design and performance of the project. Furthermore, the results can be oriented to achieve a bioclimatic and sustainable building which in turn can contribute to improve the ambient comfort conditions and health of the occupants as well as the environment and the quality of living.

8. CONCLUSIONS

The use of natural ventilation in buildings can contribute to accomplish health and hygrothermal comfort conditions for building occupants and this can eventually produce a significant reduction of energy consumption and energy savings, and consequently a decrease of the emission of greenhouse gasses to the atmosphere. This approach can also be useful to provide a true sustainable statement aimed at improving the natural environment and the quality of living for the present and future generations of all types of ecosystems, including the human beings.

This work demonstrated that by applying passive natural ventilation strategies in buildings, it is possible to achieve important economic, health and environmental benefits, particularly in buildings with high internal loads and in hot climates. The methodology of the experimental work conducted in this research can be particularly useful to provide sustainable educational design tools for schools of architecture, and engineering, as well as design alternatives for engineers and building practitioners, aimed to mitigate the climate change and the severe damage to the planet earth.

To sum up, further work in this extent is necessary and the new findings would certainly allow new opportunities to further extend the results obtained so far and to promote more research for other design conditions meant to contribute to the quality of living of buildings' occupants as well as to promote sustainability

REFERENCES

- Artmann, Nikolai; Manz, Heinrich; Heiselberg, Per Kvols (2007). "Climatic Potential for Passive Cooling of Buildings by Night-Time Ventilation in Europe". *Applied Energy* 84: 187–20 p.
- Blondeau, Patrice; Sperandio, Maurice; Allard, Francis (1997). "Night Ventilation for Building Cooling in Summer". *Solar Energy* 61: 327–335 pp.
- Brown, G.Z.; DeKay, Mark (2014). *Sun, Wind, and Light: Architectural Design Strategies* (3rd ed.). 605 Third

- Avenue, New York, NY 10158-0012, USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Fernandes, J., Pimenta, C., Mateus, R., Monteiro, S., Braganca, L. Contribution of Vernacular Buildings Strategies to Indoor Thermal Comfort and Occupants' Perception. *Buildings Journal* 2015, 5, 1242-1264.
- García Chávez, J. R., Fernández, F. Application of Passive Cooling and Passive Heating as Sustainable Environmental Strategies to Reduce the Energy Consumption in Buildings in Hot Dry Climates. *CISBAT 2015 Proceedings*.
- García-Chávez, J.R. The Potential of Passive Cooling Strategies for Improving Ambient Comfort Conditions and Achieving Energy Savings in a Typical Hot/Arid Climate. *Passive and Low Energy Architecture Proceedings of the 16th PLEA International Conference*. Brisbane, Australia, September, 1999.
- Givoni, Baruch (1994). *Passive and Low Energy Cooling of Buildings* (1st Ed.). 605 Third Avenue, New York, NY 10158-0012, USA: John Wiley & Sons, Inc.
- IPCC Climate Change 2014 (2014). *Synthesis Report. Summary for Policymakers*. IPCC, 2014: *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (Eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- Kaiser, J., Hughes, R., Salome, S. et al. CFD and Wind Tunnel Study of the Performance of a Uni- Directional Wind Catcher with Heat Transfer Devices. *Renewable Energy Journal* 83. Elsevier. 2015 85 to 99 pp.
- Kwok, Alison G.; Grondzik, Walter T. (2014). *The Green Studio Handbook. Environmental Strategies for Schematic Design* (Third Ed.). 30 Corporate Drive, Suite 400, Burlington, MA 01803, USA: Architectural Press.
- Lechner, Norbert (2009). *Heating, Cooling, Lighting: Sustainable Design Methods for Architects* (3rd ed.). 605 Third Avenue, New York, NY 10158-0012, USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Santamouris, M.; Asimakoupolos, D. (1996). *Passive Cooling of Buildings* (1st ed.). 35-37 William Road, London NW1 3ER, UK: James & James (Science Publishers) Ltd.
- Tolentino-Eslava R., Tolentino-Eslava G., Toledo Velázquez M., (2008), *The Low Speed Wind Tunnel at LABINTHAP. Preliminary Evaluation*, *Proceedings of FEDSM 2008. ASME Fluids Engineering Conference*, Jacksonville, August 10-14, 2008.
- Tolentino-Eslava R., Tolentino-Eslava G., Sánchez-Silva F., *Improvement and Measurement of Velocity Distribution in a Wind Tunnel*. 9th ISFFM. Arlington, Virginia, USA. 2015.
- Vickery. *The Use of the Wind Tunnel in the Analysis of Naturally Ventilated Structures*. *Proceedings of the 1981. International Passive/Hybrid Cooling*



New geo-tools for urban studies

Daniel Orellana

Universidad de Cuenca, Departamento de Espacio y Población, LlactaLAB – Ciudades Sustentables, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Cuenca, Ecuador.

daniel.orellana@ucuenca.edu.ec

Mateo Neira

Universidad de Cuenca, Departamento de Espacio y Población, LlactaLAB – Ciudades Sustentables, Cuenca, Ecuador.

mateo0719@gmail.com

María Laura Guerrero

Universidad de Cuenca, Departamento de Espacio y Población, LlactaLAB – Ciudades Sustentables, Cuenca, Ecuador.

malaurag8@gmail.com

Priscila Samaniego

Universidad de Cuenca, Departamento de Espacio y Población, LlactaLAB – Ciudades Sustentables, Facultad de Ciencias Químicas, Cuenca, Ecuador.

priscila.samaniego@ucuenca.edu.ec

M. Augusta Hermida

Universidad de Cuenca, Departamento de Espacio y Población, LlactaLAB – Ciudades Sustentables, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Cuenca, Ecuador.

augusta.hermida@ucuenca.edu.ec

ABSTRACT: One of the biggest challenges in urban research is to obtain spatial data with high enough spatial and temporal resolution. New tools based on mobile devices, Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) and Web services allow the creations of platforms for collecting georeferenced information to study the complexity and dynamism of urban environments with a resolution, cost and frequency hardly reachable with traditional techniques. This paper presents methods and results obtained within the research group LlactaLAB – Sustainable Cities using three of these tools for three cases. The first case presents the use of low-cost UAVs to produce 2D and 3D geographical information to study urban morphology and visual integration. The second case shows the application of mobile devices to collect data to analyse spatial behaviour of people on public spaces. Finally, the third case explains the use of Google Street View to produce land use information for urban analysis. These cases demonstrate the advantages of such tools in terms of time, effort and cost for producing information for urban studies. Some limitations and lessons learned are also reported.

Keywords *Public space, spatial behaviour, UAVs, Mobile data collection, GIS.*

1. INTRODUCTION

There is a growing interest for studying the relation between the built environment and people's behaviour. A key aspect in urban studies is the urban form as a physical consequence of the interaction between inhabitants and their environment in a constant transformation process. Many aspects of the city's reality can be read and understood by studying their physical confirmation (Moudon, 1997). Likewise, it is important to understand the degree to which the physical setting affects human behaviour and how the built environment may promote community-building. Public and collective spaces enable social interactions, which are crucial to maintain community cohesion and social capital (Ngesan et al., 2012). Architects and designers face several challenges when it comes to create new urban spaces, especially when there is no empirical base over which to make design choices (Forsyth, 2007; Frick, 2007). In order to design, build and transform public space, it is useful and appropriate studying life in the city, observing and understanding its inhabitant's activities and behaviour, and use this knowledge to improve design practices to promote high quality urban life (Gehl, 2010).

This kind of research requires detailed geospatial information with a space and time coverage high enough to capture the heterogeneity and dynamism of the urban system. This challenge was extremely hard to face until a few years ago due to the scarcity of data sources, the elevated cost to obtain them, and a relatively limited access to specialized tools. However, during the last decade we have witnessed the creation of a plethora of platforms, techniques and tools for spatial data analysis, allowing researchers to obtain and analyse information with a spatial and temporal resolution unimaginable until a few years ago at a relatively low cost. These new opportunities emerged thanks, in part, to the explosive popularisation of mobile devices with geo-positioning capacity along with a growing access to information and communication technologies, including smartphones with integrated sensors and geo-positioning devices, Unmanned Aerial Vehicles (UAV) and collaborative on-line platforms, among others.

Although many of these tools and techniques existed for several years, its use and mastering has not been widely generalized among research groups in urban studies yet, or it has been limited to groups staffed with trained experts experienced in geographical information systems and sciences. This is especially true in emergent countries, where the adoption of new technologies is delayed in relation to high-developed economies. However, this delay is progressively reducing (Pew Research Center, 2014), which reaffirms the need of reviewing the potential of these techniques for urban research.

This paper aims to report the experiences, challenges and lessons learned while using and implementing new tools for obtaining and analysing geospatial data by LactaLAB – Sustainable Cities research group. We expect that sharing our experience enable other researchers to consider and evaluate the suitability of these new technologies for their own research processes, and that the lessons we learn and the limitations we found allow other groups to overcome obstacles more quickly.

The remaining of this paper is structured as follows: Section 2 explains three selected techniques to produce geo-information about urban environment based on new technologies. Section 3 exposes three cases where the methodologies have been applied to

study spatial behaviour of people and its relation with the built environment, and presents the advantages and disadvantages of the applied methodology or technique. Finally, Section 4, provides conclusions lessons learned.

2. NEW TECHNIQUES AND TOOLS FOR URBAN STUDIES

During the last few years, the amount and diversity of techniques for producing information about the city has grown exponentially. In this section, three techniques based on new technologies are described to collect geospatial data and produce information about human spatial behaviour and built environment: a) Mobile platforms to collect georeferenced field data; b) UAV systems to produce 2D and 3D urban geo-data; c) On-line photography platforms as an information source about urban land use.

2.1 Geo-information with mobile devices

The collection of geospatial information about built environment is the base of urban studies. Traditionally, paper-based forms and sketch drawings were used to collect data in the field that were later digitalized and processed using computers. This approach implied huge logistical efforts and problems with quality, geographical precision and data integration were quite common. Nowadays, data collection can be easily automated and improved by using mobile devices such as smart phones and tablets, whose flexibility and connectivity make them powerful research tools for both professional studies and citizens' science initiatives (Kim et al., 2013).

In the last few years, a number of data collection systems and apps for mobile devices have been generated, with a wide range of characteristics and potential uses. Amongst them are those dedicated to gather information through digital forms, which are later aggregated to a centralized database, such as *EpiCollect* (Aanensen et al., 2009), *OpenDataKit - ODK* (Hartung et al., 2010) and *KoBoToolbox* (Pham et al., 2016). There are also specialized apps oriented to GIS applications such as *ArcGIS Mobile* (ESRI, 2016) or *QField*, a mobile version of the popular open source system QGIS (OpenGIS.ch, 2016).

Browning (2011) performed an analysis of alternatives for mobile data collection, concluding that Android's platform ODK presents advantages over other apps. ODK has three components: *ODK Build*, an on-line application to design digital form templates that support several data types, including multimedia and geolocation; *ODK Collect*, the Android mobile client application to collect information; and *ODK Aggregate*, the server component to manage blank forms and add data coming from *ODK Collect* (Jeffrey-Coker et al., 2010).

2.2 UAV Systems to produce 2D and 3D geo-information

The explosive development and popularization of low-cost Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) allows to capture aerial photographs economically and flexibly. These photographs, combined with new digital image analysis algorithms, present a new opportunity for 2D and 3D geo-information production, at a very low cost compared to traditional techniques (Nex & Remondino, 2014; Remondino et al., 2011). The general process of geo-information production from aerial imagery implies five main phases: a) *planning*, b) *data capturing*, c) *processing* and d) *exportation and analysis*. The main

products include three-dimensional point clouds, Digital Surface Models (DSMs), land use and land coverage maps, volumetric models, amongst others.

UAV photogrammetry allows diverse applications for urban studies, like vegetation mapping in urban landscape (Feng et al., 2015), automated detection of the main components of the urban environment (buildings, streets, trees, cars, grass and water) (Zhang et al., 2015) or monitoring and evaluating damage produces by natural catastrophes (Candigliota et al., 2012).

2.3 On-line platforms for geo-referenced photographs.

Web services that provide street-level georeferenced photographs have existed for several years. These services allow users to explore places from a computer's screen and to extract metadata to generate spatial and temporal information in ways that were not possible before (Zheng et al., 2011). The most outstanding example is Google Street View (GSV), which gathers pictures with a specialized equipment, compound by a set of cameras with a sensor system that generate omnidirectional panoramic images, referenced to a geographical location. The cameras can be set over motorized vehicles, bikes or backpacks, which has allowed Google to generate images of cities and rural areas in all the six continents and make them available to the general public through on-line maps and digital globes (Anguelov et al., 2010). This platform provides an immersive experience, enabling the user to explore in detail the characteristics of geographical settings. Another platform dedicated to Street-level georeferenced photographs is Mapillary, which uses a crowdsourcing strategy, providing users with a mobile application to collaborate with their photographs to the platform. Mapillary authorizes the use of images under open license, making it easier to use their information for several purposes, while Google Street View has a much more restrictive license, provoking frustrations in many users (Neubauer, 2015).

The potential of these platforms as an information source for researchers about urban environment is of great interest. For example, Kelly et al., (2013) used Google Street View for assessing elements of the built environment, like land use, streets and sidewalks characteristics and public transport infrastructure. The authors used the PABAK (*Prevalence - Adjusted Bias - Adjusted Kappa*) index to evaluate the reliability of the method, and found that a 95% of the analysed items had a "substantial" or "almost perfect" matching degree, with certain variations of reliability between them.

3. APPLICATIONS

The applicability of the mentioned tools and techniques has been explored in the context of the research project "*Urban design as a resilient cities construction tool. Uses, perceptions and possibilities in the margins of Tomebamba River in the city of Cuenca - RIOURBANO*". This project aims to understand the relation between urban environment and uses, perceptions and human behaviour in the Tomebamba river banks, in Cuenca, Ecuador. For this purpose, five zones have been defined for analysis (Figure 1). The objectives of the project require the detailed collection of different features of the urban setting, from which three have been selected to examine the application of the techniques explained in section 2. These features are: a) land use, b) human spatial behaviour and c) spatial

morphology. In the following paragraphs the applied techniques, results and lessons learned are explained for each of the three mentioned features.

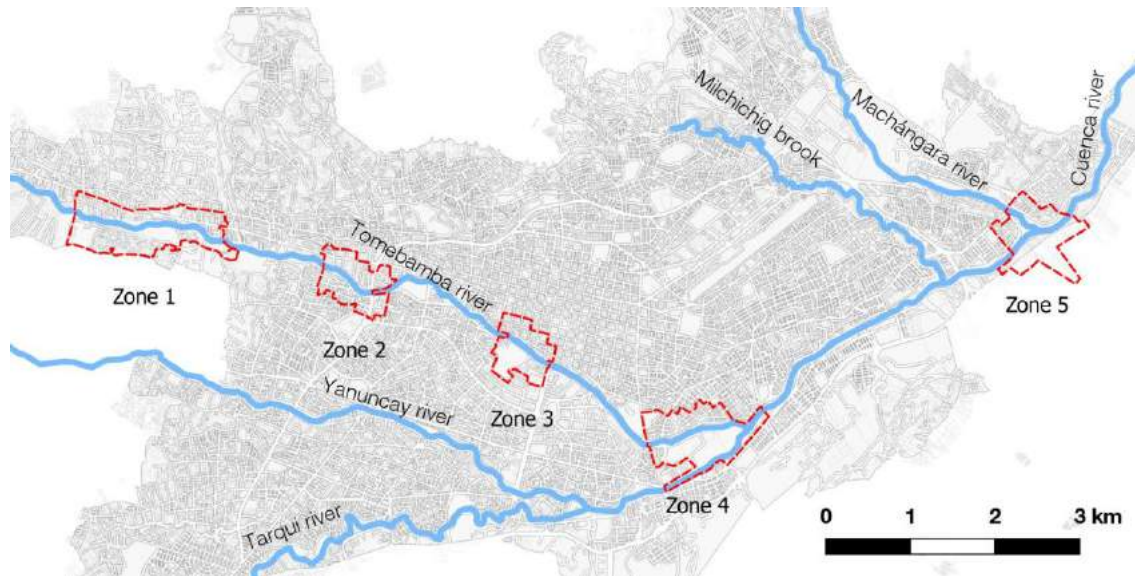


Figure 1. Study area with five zones for data collection in the Tomebamba river banks. Cuenca, Ecuador.

3.1 Land use analysis at parcel scale

Studying land use's diversity and complexity is key to build urban sustainability indicators, intervention criteria and to improve public space design (Hermida et al., 2015).

As a part of the project RIOURBANO a characterization of urban land use was made at a parcel scale. In the first stage, a team of 22 students collected land-use information using ODK Collect in mobile devices. 1922 parcels were registered in 1122 working hours, covering Zone 3 of the study area (Figure 1). The data were uploaded in ODK Aggregate and validated in terms of precision and completeness for an aleatory sample of 55 parcels. Processing and validating data took 20 working hours. In the second stage, a group of 5 students characterized 1753 parcels using Google Street View and registering the data directly in a Geographical Information System. This required a total of 75 working hours. Although geographical coverage of Google Street View images is wide for most of the study area, there are spots with no coverage. Thus, a third stage of field work was necessary in order to register 671 remaining parcels using ODK Collect with a simplified and optimized form. The third stage took 70 working hours to collect data and 40 hours to process and validate them. In total, 4346 parcels were characterized in 1955 hours, with an average efficiency of 2.22 parcels per hour (Table 1). This experience's results show that characterizing parcels with Google Street View is more efficient, reaching an efficiency of 23.37 parcels per hour. Data collecting with ODK was less efficient, but it is still viable as long as the form is well designed and user friendly.

During this process, some difficulties have been identified. As for using ODK, students reported feeling insecure and in danger of robbery at some places when using their mobile devices in plain sight for data collection. For this reason, it was decided to make teams of 2

people, duplicating the effort in data collection. Also, digital forms with too many options in multiple choice items were difficult to manage. Thus, it is recommended to use assisted free text options or search boxes. As for Google Street View, the main limitation is geographical coverage, that reached 72% of parcels in this study. Also, the date when images were taken might represent a potential limitation, although this was not the case. Finally, some images present obstacles that impede adequate characterization. These problems have been previously identified by other authors (Kelly et al., 2013).

Table 1. Efficiency in characterizing parcels by using ODK and Google Street View

Stage	Method	Time (hours)	Parcels (#)	Efficiency (parcels/ hour)
1	ODK	1142	1922	1.68
2	GSV	75	1753	23.37
3	ODK	110	671	6.10

3.2 Spatial behaviour in Tomebamba river banks.

RIOURBANO research project aims to build an analytical framework to define urban design criteria for river margins. Such framework should incorporate new perspectives based on users' behaviour and perception to reinforce the public dimension of the contemporary city.

For this end, users' behaviour in the study area was registered in detail. Each zone was divided in 100m sections. On each section, the location of each person was registered on a paper map, and demographic characteristics, behaviour and activities were collected in a digital form using ODK Collect. Both datasets were later joined using an ID code. 2750 standing people and 5588 pedestrians were registered in the study area. Activities were classified according to their function as *recreational*, *productive* or *quotidian*. This allowed to perform comparative analysis for zones, age groups, and gender groups (Figure 2).

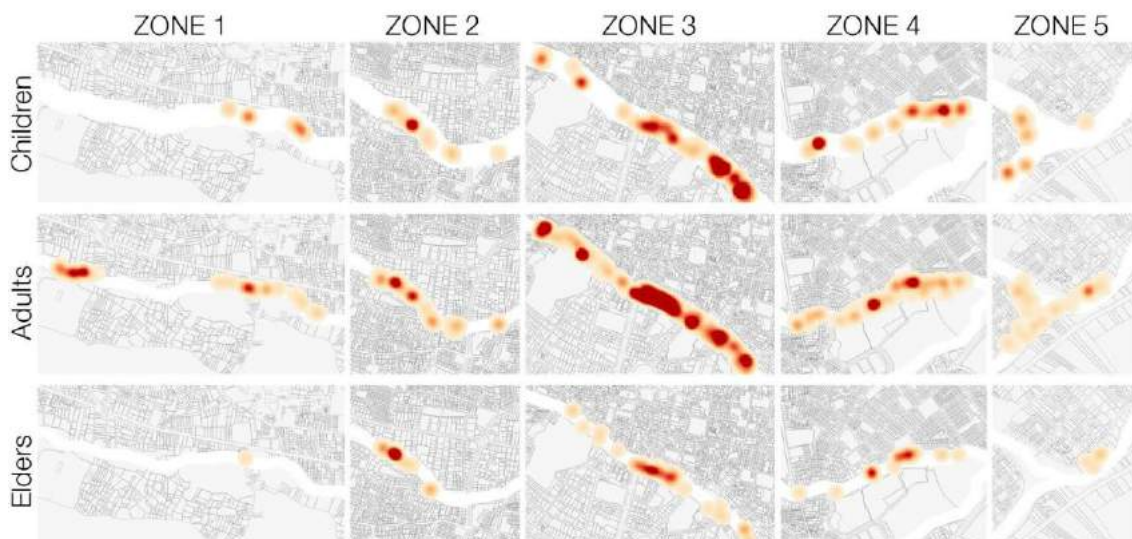


Figure 2. Intensity of use of river margins by age group.

Results showed that all zones have few users under the age of 15 or above 60. Despite all zones showed similar patterns, the ones closer to residential areas had more presence of children and elders, while the absence of these groups is related to areas with accessibility barriers and lack of infrastructure. There are also differences in activity types between zones. Zones 4 and 5 present a predominance of leisure and recreational activities, while in Zone 1 productive activities are more frequent. Finally, Zone 3 has a larger concentration of people performing quotidian activities. Gender differences are also evident in terms of space use, especially close to peri-urban areas, where public space quality is inferior.

The applied technique presents a series of advantages compared to conventional procedures. Firstly, the combination of digital and paper-based collection produced detailed spatial data on the relation between users and environment configuration, making correlational analysis possible. Processing time was minimal, because it was necessary to digitalize points drawn on paper and join them to the base generated with ODK. However, the time to verify and fix collection errors was considerable. The most common errors were inconsistencies in the number of records between the digital form and paper maps, incomplete records, and wrong values in date and time fields. Paper records presented some lack of location precision, which varies according to the observer's experience. More precise data might be obtained by using mobile devices GPS, but practical difficulties must be considered, since the observer would have to take the GPS near the observed person, disturbing her privacy (Golicknik & Ward Thompson, 2010).

3.3 Urban morphology in Tomebamba river banks

One of the goals of RIOURBANO research project is to assess urban morphological characteristics of river banks and adjacent areas in order to produce guidelines public space quality improvement using a *Research by Design* approach.

For this purpose, aerial imagery was captured using low-cost equipment. The platform configuration included a DJI Phantom II quadcopter, assembled with a GoPro Hero Black 3 camera and a Q-StarZ 1300 GPS for image positioning. Six flights were conducted to capture imagery for the study area. Images of each flight were processed separately, following a semi-automated workflow using Agisoft's software PhotoScan. Resulting products were point clouds, three-dimensional meshes, digital elevation models in raster format and Orto-mosaics. Additionally, point clouds were classified in four categories (ground, vegetation, buildings and water) to produce digital terrain models (DTM) and digital surface models (DSM). These models were later used to calculate building and vegetation volume and to analyse visual integration.

A surface of 820,312m² was mapped with an average pixel resolution of 0.5m. Volume analysis showed a 4:1 relation between vegetation (492,441m³) and buildings (125,127m³). Average compactness (relation between built volume and surface) in the area is 0.15 m³/m². Visual integration analysis from 34 points of observation showed that 15.9% of the study area can be seen from these points, while visual connectivity to a reference line on the opposite bank are have 10.4m of average length. The most visually integrated points are on the eastern side of the analysed area (Figure 3).

Aerial photogrammetry with low-cost UAVs proved to be an economic, viable and effective technique for producing information on urban morphology. Platform's versatility and ease of use (DJI Phantom II quadcopter) allowed good operation flexibility. Integration of location data from GPS to individual pictures was successful but cumbersome, so we recommend to use low-weight, GPS-enabled cameras that are able to save geographical coordinates directly to picture's EXIF metadata.

The main limitation for low-cost UAV photogrammetry is linked to the relation between the surveying area, flight time (determined by battery duration) and the desired resolution of final products. Therefore, a multirotor UAV is suitable for small areas with good visibility and where landing tracks are unavailable. However, for larger surfaces fixed wing UAV are recommended, as they allow longer flight times and higher altitudes, although they are more expensive and complex to operate. Weather is another limitation for UAV operation, since they must be only used under good weather conditions and without electromagnetic interference that could degrade remote control signal and on-board sensors. Also, geographical and geometrical accuracy of final products is severely affected by GPS precision, and therefore adding ground control points with a differential GPS is recommended to obtain high precision products. Lastly, security and privacy, as well as national and local legislation must be taken into account. Legal status of UAVs operation varies in different countries, and is changing and evolving, which implies serious limitations in some places.



Figure 3. Visual connection for project's Zone 3.

4. CONCLUSIONS

This paper presented three new technologies applied to urban studies, specifically related to built environment and human spatial behaviour. The presented techniques include georeferenced field data collection with mobile devices, information derivation from on-line georeferenced photography, and cartographic surveying with unmanned aerial vehicles. These techniques were applied in the context of a research project about use, perception and behaviour at Tomebamba river banks in Cuenca, Ecuador. The techniques proved to be effective to produce detailed information on land use at parcel level, human spatial behaviour and urban environment's morphological characteristics.

Our experience indicates that these techniques improve information production's efficiency when compared with traditional methods, since data collection is performed directly on digital support with geo-referencing capacities, integrating geographical position directly and, at times, replacing field visits and avoiding digitalization errors. These features reduced cost and time for data collection and pre-processing and are accessible to non-specialized users with only basic training.

Nonetheless, the techniques have limitations. In one hand, even when they are sufficiently intuitive and easy to operate, some of them might require more experience and qualification to exploit their whole potential and to avoid implementation problems. On the other hand, legislation for UAV use is highly variable and unstable in different countries, which makes difficult and sometimes impossible to implement this technology. Finally, as for using Google Street View, the main limitations are their restrictive license, geographical coverage and the rate of photographs updating. Is at this point where platforms as Mapillary can be used as a proper complement.

It is of our interest that our experience and the lessons we learnt with these techniques are useful for other researchers, who might share their experiences as well, enriching the toolbox for urban research.

REFERENCES

- Aanensen, D. M., Huntley, D. M., Feil, E. J., al-Own, F., & Spratt, B. G. (2009). EpiCollect: linking smartphones to web applications for epidemiology, ecology and community data collection. *PLoS One*, 4(9).
- Anguelov, D., Dulong, C., Filip, D., Frueh, C., Lafon, S., Lyon, R., ... Weaver, J. (2010). Google Street View: Capturing the World at Street Level. *Computer*, 43(6), 32–38.
- Browning, D. (2011). Mobile Solutions for GIS Data Collection and Display, 55.
- Candigliota, E., Immordino, F., Moretti, L., & Indirli, M. (2012). Remote sensing, laser scanner survey and GIS integrated method for assessment and preservation of historic centers: the example of Arsita. In *Proceedings of the 15th World Conference on Earthquake Engineering - WCEE*, 1–9.
- ESRI. (2016). ArcGIS for Mobile. Retrieved 30 May 2016, from <http://www.esri.com/software/arcgis/about/mobile-gis-for-you>
- Feng, Q., Liu, J., & Gong, J. (2015). UAV Remote Sensing for Urban Vegetation Mapping Using Random Forest and Texture Analysis. *Remote Sensing*, 7(1), 1074–1094.
- Forsyth, A. (2007). Innovation in Urban Design: Does Research Help? *Journal of Urban Design*, 12(3), 461–473.
- Frick, D. (2007). Spatial Synergy and Supportiveness of Public Space. *Journal of Urban Design*, 12(2), 261–274.
- Gehl, J. (2010). *Cities for people*. Washington, D.C.: Island Press.
- Golicknik, B., & Ward Thompson, C. (2010). Emerging relationships between design and use of urban park spaces. *Landscape and Urban Planning*, 94(1), 38–53.
- Hartung, C., Anokwa, Y., Brunette, W., Lerer, A., Tseng, C., & Borriello, G. (2010). Open Data Kit: Tools to Build Information Services for Developing Regions. *Proceedings of the International Conference on Information and Communication Technologies and Development*, 1–11.
- Hermida, M. A., Orellana, D., Cabrera, N., Osorio, P., & Calle, C. (2015). *La ciudad es esto: medición y representación espacial para ciudades compactas y sustentables*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Jeffrey-Coker, F., Basinger, M., & Modi, V. (2010). *Open Data Kit: Implications for the Use of Smartphone Software Technology for Questionnaire Studies in International Development*.
- Kelly, C. M., Wilson, J. S., Baker, E. A., Miller, D. K., & Schootman, M. (2013). Using Google Street View to Audit the Built Environment: Inter-rater Reliability Results. *Annals of Behavioral Medicine*, 45(S1), 108–112.
- Kim, S., Mankoff, J., & Paulos, E. (2013). Sensr: Evaluating A Flexible Framework for Authoring Mobile Data-Collection Tools for Citizen Science. *Proceedings of the 2013 Conference on Computer*

Supported Cooperative Work - CSCW '13, 1453–1462.

Moudon, A. V. (1997). Urban morphology as an emerging interdisciplinary field. *Urban Morphology*, 1(1), 3–10.

Neubauer, P. (2015). Breaking Down Barriers to Data Collection: Mapillary and the Power of Community Mapping. *GeoInformatics*, 18(8), 24–26.

Nex, F., & Remondino, F. (2014). UAV for 3D mapping applications: A review. *Applied Geomatics*, 6(1), 1–15.

Ngesan, M. R., Karim, H. A., & Zubir, S. S. (2012). Human Behaviour and Activities in Relation to Shah Alam Urban Park during Nighttime. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 68, 427–438.

OpenGIS.ch. (2016). QField for Android 5. Retrieved from <http://www.opengis.ch/android-gis/qfield/>

Pew Research Center. (2014). *Emerging Nations Embrace Internet, Mobile Technology*. Retrieved from <http://www.pewglobal.org/files/2014/02/Pew-Research-Center-Global-Attitudes-Project-Technology-Report-FINAL-February-13-20147.pdf>

Pham, P., Vinick, P., Kreutzer, T., Dorey, A., Milner, J., & Musaraj, P. (2016). KoBoToolbox. <http://www.kobotoolbox.org/>

Remondino, F., Barazzetti, L., Nex, F., Scaioni, M., & Sarazzi, D. (2011). Uav Photogrammetry for Mapping and 3D Modeling – Current Status and Future Perspectives –. *International Archives of the Photogrammetry*, XXXVIII(September), 14–16.

Zhang, Q., Qin, R., Huang, X., Fang, Y., Liu, L., Nichol, J., ... Thenkabail, P. S. (2015). Classification of Ultra-High Resolution Orthophotos Combined with DSM Using a Dual Morphological Top Hat Profile. *Remote Sens*, 7, 16422–16440.

Zheng, Y.-T., Zha, Z.-J., & Chua, T.-S. (2011). Research and applications on georeferenced multimedia: a survey. *Multimedia Tools and Applications*, 51(1), 77–98.



The use of SBTool on public procurement: Challenges and opportunities

Marcia Castilho Correia

Oswaldo Cruz Foundation – FIOCRUZ RJ and Architecture Post-graduate Program, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brazil
marcia.correia@fiocruz.br

Mônica Santos Salgado

Architecture Graduate Program, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brazil,
monicassalgado@ufrj.br

Luís Bragança

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal
braganca@civil.uminho.pt

ABSTRACT: The discussion of the difficulties in the integration of environmental sustainability requirements in public buildings and the subsequent evaluation of the design projects leads to the analysis of the limits imposed by the laws governing the public procurement process, the formulation of the call for bids and the Terms of Reference for the assessment criteria. In 1993, Brazil implemented into practice the 37th article of Brazilian Federal Constitution by means of the signature of federal law number 8666 enforcing general rules on administrative contracts for design projects (construction and engineering services). All government levels must obey this regulation. In 2010, the law received an amendment obliging all contracts to follow sustainability requirements. In this sense, some difficulties have been detected. Although LEED and HQE / AQUA have been adopted by some Brazilians entrepreneurs, SBTool assessment method and tool is freely available to the public and, for this reason, can be easily adapted and integrated in public procurement processes. Thus, this research deals with the preliminary analysis of the potential adoption of SBTool in biddings in order to lead development assessment of projects with environmental quality. Results already indicate the potential of SBTool on Brazilian's public procurement process as long as it has been considered since the beginning of the design process (pre-design phase).

Keywords *Architecture, Sustainable rating system, Sustainable construction*

1. INTRODUCTION

The concern about environmental sustainability in civil construction industry is a vital aspect that should be considered from design and construction until demolition phase. Despite the fact that this issue has been on the agenda of professionals for several years, many questions and doubts persist. Architects and constructors are looking for specifications which could guarantee proper environmental behaviour to their buildings. The major goal is to minimize the negative impact of a building, considering not only the design and the construction phases, but also the operation, maintenance and rehabilitation phases. However, it is necessary to understand that depending on the type of activities that will take place in the building, the requirements that must be considered become complex, and it is necessary to review the design process in order to integrate all requirements. (SALGADO & LEMOS, 2005)

This research aims to bring the debate into the management of projects contracted to third parties by public authorities. These contracts require technical evaluation of projects with clear and objective criteria, beyond the quality of the project including environmental sustainability. By objective criteria, it is understood that there can be no interference of subjectivity or biased assessment.

Developed in an international collaborative process, the Sustainable Building Method (SB Method) “is a generic framework for rating the sustainable performance of buildings and projects. It may also be thought of as a toolkit that assists local organizations to develop local SBTool rating systems” (iiSBE, 2016).

Thus, this research presents the results of a preliminary analysis considering the potential of STool in biddings in order to guarantee the development assessment of projects with environmental quality.

2. ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY IN PUBLIC PROCUREMENT

In 1993, Brazil implemented into practice the 37th article of Brazilian Federal Constitution by means of the signature of Federal Law N° 8666 (BRASIL, 1993), enforcing general rules on administrative contracts for design projects (construction and engineering services). It seeks the best proposal for the Public Administration, usually by choosing the lowest price but also can be by lowest price together with best technique. All government levels must obey this regulation (BRASIL, 2014) in a very complex procedure.

In 2010 this law received an amendment obliging all contracts to observe national sustainable aspects referred to building construction requirements. In this sense, difficulties have increased, particularly on including environmental high quality requirements on public announcements. Depending on the type of public procurement (invitation, public competition, live or virtual reverse auction, design competition and RDC as defined in Table 1) the obstacles are higher, considering that the project must give answer to a certain number of legal and bureaucratic requirements, and include environmental sustainability requirements.

It must be observed that each country has their own specific legal framework and this paper is an attempt to translate Brazilian legal framework to English, not to compare Brazilian

laws to the ones of any other country. In this sense this paper doesn't present a parallel neither to North American nor to British or any other English spoken country legal framework.

Table 1 lists Brazilian in force public procurement modes and its main characteristics in what they concern to this paper subject.

Table 1: Brazilian bidding modes for Engineering. Source: adapted from Federal Laws N°. 8666/1993, N°. 10.520/2016, N°. 12.462/2011 & N°. 13.303/2016

Types of Brazilian public procurement	Competitors
Invitation/ "Carta convite"	Contracts of low complexity and with values up to R\$ 150,000.00 for works and engineering services (art. 23 of Law 8.666 / 93.) Companies registered or not, selected and invited, in minimum of 3.
Public competition/ "Concorrência"	High-value contracts above R\$ 1,500,000.00 for construction and engineering services (art. 23 of Law 8.666 / 93) Allows the participation of any interested party.
Live reverse auction/ "Pregão presencial"	Bidding for the purchase of common goods and services, including engineering, regardless of the contract value (Federal Law N.º 10.520/2002, regulated by Federal Decree N.º 3.555/2000) Allows the participation of any interested party. Dispute through proposals and bids in live public session.
Virtual reverse auction/ "Pregão eletrônico"	Bidding for the purchase of common goods and services, regardless of the contract value (Federal Law N.º 10.520/2002, regulated by Federal Decree N.º 5.450/2005) Allows the participation of any interested party. Dispute through proposals and bids in virtual session (by Internet).
Design Competition/ "Concurso"	Contracts for the provision of specialized professional technical services should preferably be awarded by this competitive tendering with prior stipulation of award or remuneration. (Art. 13. § 1 Federal Law N.º 8666/93) Allows the participation of any interested party. Dispute through the competition of design projects.
Differentiated regime of hiring/ "Regime Diferenciado de Contratação - RDC"	Currently applies only to bids and contracts required to develop specific public procurement as the 2016 Olympic Games and Health Unic System (SUS) (Federal Law N.º 12.462/2011) Wide publicity in electronic site must be ensured for all stages and procedures of the bidding process.
Public companies, Joint stock companies and its Subsidiaries' law	Contracts with values above R\$ 100,000.00 for works and engineering services (Art. 29, I Federal Law N.º 13.303/2016) Wide publicity in electronic site must be ensured aiming to increase the participation of bidders.

Except for the mode Design Competition, which selects the design project, all the other modes aim to select the company that will develop the design project. In this sense must be assessed the companies technical-operational and technical-professional capacities, besides their economic and financial qualification: and guarantee insurance. (CAMPELO & CAVALCANTE, 2004)

As can be seen along Table 1, over the time Brazilian procurement laws have improved and are demonstrating an effort in speeding processes and, besides, are favoring broader participation and the Public Administration best interests. Also at least since 2010 there can be seen a progressive result of general concern with our natural environment with reflections in our laws and regulations.

The brand new bidding procedures and contracts awarded by public enterprises and joint stock companies (BRASIL, 2016) are designed to ensure the selection of the most advantageous offer, including regards to the life cycle of the building. Bids and contracts governed by this law must respect, especially the rules on:

- I - final disposal environmentally sound of solid waste generated by the contracted works;
- II - mitigation of environmental damage through constraining measures and environmental compensation, which will be defined in the licensing procedure;
- III - use of products, equipment and services that are proven to reduce the consumption of energy and natural resources;
- IV - assessment of neighborhood impacts, according to the town planning legislation;
- V - protection of cultural, historical, archaeological and immaterial heritage, demonstrating an evolution process towards sustainability.

Up to the present time the most used modes are public competition and live or virtual reverse auction. In case of common engineering services Federal Law N°. 10.520/2002 indicates the use of virtual reverse auction. Later on, Federal Decree 5.504/2005 obliges its use and in the case of impossibility it should be made a sound justification in the administrative process. In contradiction, as determined by Federal Law N° 8666/93 (BRASIL, 1993), contracts for the provision of specialized professional technical services, as Engineering ones, should preferably be awarded by Design Competition.

As the preliminary results of this research indicates, unfortunately, it seems that due to the difficulties implied by requirement of prior stipulation of objective design assessment criteria and also of the award or remuneration, this mode is rarely used. First of all, assessing the quality of design projects is a difficult task, full of human subjectivities, and objective judgement is mandatory by force of law creating great obstacles. On the other hand, the laws require the exclusive use of objective criteria, previously determined by the public announcement (called "*Editais*").

"*Editais*" is the notice, a written formal call for the tender, that must be broadly published. This document is accompanied by the Terms of Reference, which contains all the conditions for holding a public procurement, such as: description of the object, definition of terms, qualification requirements, judging criteria, payment of the future contract, etc.. There are also annexes, such as: budget spreadsheet, physical and financial schedules, the draft contract, etc. All those documents should be prepared in the first phase of a procurement, called "internal phase". These documents guide the entire process of bidding and also guide the contract stage.

Difficulties in the activities of this process must be already solved during the public procurement preparation considering all its parts, particularly the Term of Reference. The contract supervision will be also based on strict compliance with the "*Editais*". To properly guide the process, this document must already contain all the criteria and to ensure that these criteria are framed as goals, first they need to be selected, have description in clear language and be properly ordered, allocated into classes or categories. (ROY & BOUYSSOU, 1993).

3. ENSURING ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY OF BUILDINGS

The concern about sustainability of buildings in Brazil is still recent. It is not the case, for example, of France and the UK, which for more than ten years, have published regulations forcing contractors to produce buildings with low energy.

Although LEED (developed by the United States Green Building Council) and HQE / AQUA (implemented in Brazil by Vanzolini Foundation) had been adopted by some Brazilians entrepreneurs, the process of evaluation and certifications are expensive which is very negative for public contracts.

On the other hand, SBTool assessment method and tool (developed by iiSBE - International Initiative for a Sustainable Built Environment) is freely available to the public and, for this reason, can be easily adapted and integrated in public procurement bidding processes.

3.1 SBTool assessment method and tool

SBTool (Sustainable Building Tool), named GBTool (Green Building Tool) until 2006, is the assessment tool of SB Method and was initiated in 1996 for the first Green Building Challenge (GBC) held in 1998 in Vancouver, Canada. This first Green Building Challenge was promoted by the International Initiative for a Sustainable Built Environment and, since then, gathered the support and collaboration of experts from 20 countries. GBC is nowadays known as SBC (Sustainable Building Challenge) and is still being organized and promoted by iiSBE (SBC, 2008), being held every three years as a side event of the world conferences of the SB Series, nowadays SBE Series - Sustainable Built Environment Conference Series (SBE Series, 2016). Since then the SBTool led to Protocollo ITACA in Italy, Verde in Spain, SBTool^{PT} in Portugal, SBTool CZ in the Czech Republic and ASUS in Brazil (Larsson, 2015; Souza, 2008).

The SBTool provided by iiSBE has a generic structure which needs to be adapted to local conditions, calibrating parameters with proper definition of weights and benchmarks (Larsson, 2012a). It is worth emphasizing that this generic tool does not certificate, since the local iiSBE Chapters may determine whether there will be a certification or not. According to Larsson (2012a), the tool consists of two assessment modules that are connected to the building's life cycle. The first module refers to the building pre-design phase and the second to the building evaluation. The first brings local data and the second module contains building data as the project phases, construction and operation (use). Each module is divided into two Excel files, respectively named files "A" and "B".

The file "A" refers to an appropriate generic structure for a particular country or region set by the head of the regional organization in order to reflect important local issues. In this file the weight of parameters and benchmarks for the type of occupation are established and also information such as latitude, longitude, annual rainfall volume, population estimates, among others.

The "A" file is also configured for its particular type of occupation. It may have mixed uses, but limited to a maximum of three types, creating "A" files, e.g. for residential, commercial buildings, different urban areas etc. (Larsson, 2012a).

Figure 1 demonstrates how the SBTool functions for three design projects (Alpha, Beta and Gamma) each one with a different occupancy type, all in an imaginary place named Izmir.

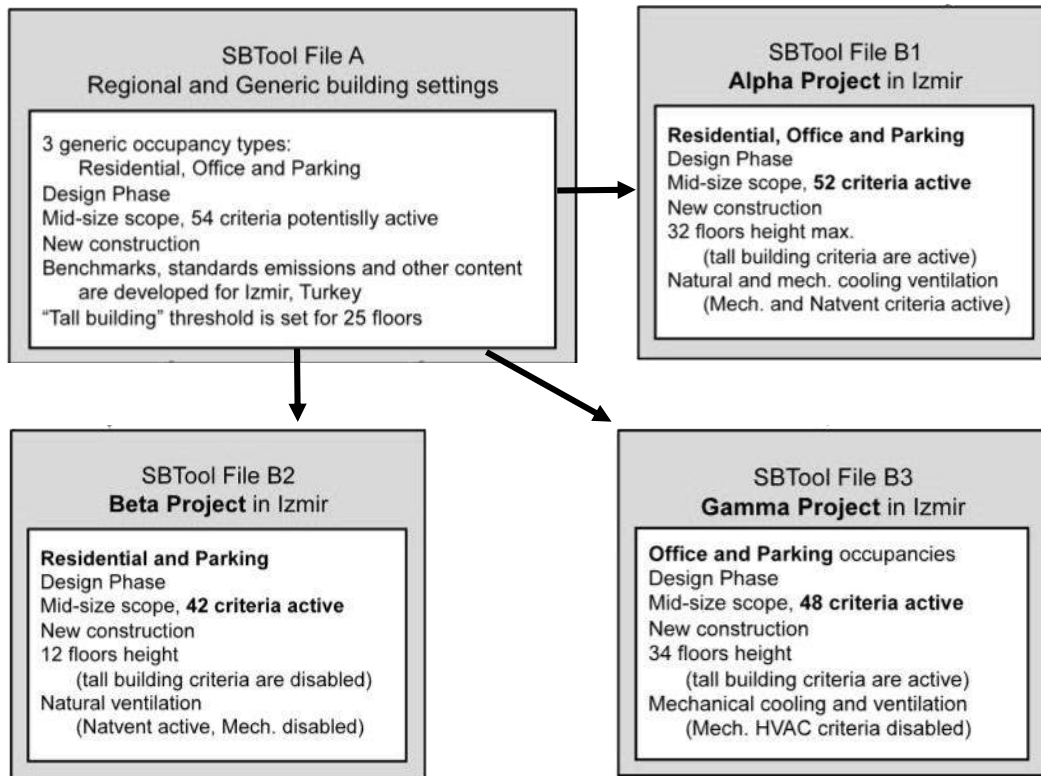


Figure 1. Three different File B versions from the same File A. Source: Adapted from Larsson, 2012b

In turn, the “B” file contains specific information for a particular project filled in by the project designer or by a professional qualified by iiSBE. However, before being released to the designers, the local representative must check whether the “A” and “B” files are linked and leave visible only the relevant information in order to prevent possible confusion during filling the “B” file. There can be several “B” files derived from a single “A” file (see Figure 1), since they have the same type of occupation, and “B” file settings are automatically determined by the adjustment made in “A” file (Larsson, 2012b).

SBTool provides a list of criteria, shown in table 2, divided in phases of the life cycle and categories. These categories are divided into criteria that vary according to the type of scope to be used: maximum scope, medium or low. The maximum covers all sustainability issues proposed by the tool, the minimum corresponds only to the essential evaluation criteria, while the average is a balance between the previous two. Thus, a building can be evaluated in only 3 or 107 criteria, depending on the type of scope and phase of the life cycle.

SBTool presents 8 categories for sustainability assessment. These categories are assessed by 29 indicators that are calculated through the use of 194 parameters, as can be seen in Table 1, aiming to cover the three dimensions that define sustainability – environmental, social, and economic aspects (iiSBE, 2016).

Table 2. List of SBTool criteria, 2015. Source: Adapted from iiSBE, 2016.

Assessment modules	Phases of the life-cycle	Category	Indicators	Number of Parameters
Site assessment	Pre-Design	S. Location, Services and Site Characteristics	S1. Site Location and Context	12
			S2. Off-site Services Available	9
			S3. Site Characteristics	14
Building assessment	Design, Construction and Operation	A. Site Regeneration and Development, Urban Design and Infrastructure	A1. Site Regeneration and Development	13
			A2. Urban Design	6
			A3. Project Infrastructure and Services	16
		B. Energy and Resource Consumption	B1. Total Life Cycle Non-Renewable Energy	5
			B2. Electrical Peak Demand	2
			B3. Use of Materials	6
			B4. Use of Potable Water, Stormwater and Greywater	4
		C. Environmental Loadings	C1. Greenhouse Gas Emissions	4
			C2. Other Atmospheric Emissions	3
			C3. Solid and Liquid Wastes	5
			C4. Impacts on Project Site	5
			C5. Other Local and Regional Impacts	8
		D. Indoor Environmental Quality	D1. Indoor Air Quality and Ventilation	10
			D2. Air Temperature and Relative Humidity	2
			D3. Daylighting and Illumination	3
	D4. Noise and Acoustics		4	
	D5. Control of Electromagnetic Emissions		1	
	E. Service Quality	E1. Safety and Security	10	
		E2. Functionality and efficiency	8	
		E3. Controllability	4	
		E4. Flexibility and Adaptability	5	
E5. Optimization and Maintenance of Operating Performance		9		
F. Social, Cultural and Perceptual Aspects	F1. Social Aspects	5		
	F2. Culture and Heritage	6		
	F3. Perceptual	7		
G. Cost and Economic Aspects	G1. Cost and Economics	8		
TOTAL		8	29	194

In addition, a project is evaluated according to the four phases of the building lifecycle - pre-design, design, construction and operation - and the weighting system is adjusted according to the local characteristics. Some parameters can be switched off, if necessary, without interference with the final score (Larsson, 2012a).

As showed on Table 2, SBTool provides assessment to up to 194 parameters for a single location, but the number of active parameters varies with the stage of design and the type of scope. (iiSBE, 2016).

4. CHALLENGES AND OPPORTUNITIES IN THE USE OF SBTOOL

SBTool is a flexible tool and adaptable to the particularities of different locations in different territories, which is one of the great advantages towards commercial certifications (Aulicino, 2008). But SBTool itself does not certificate. Moreover, from a common methodology (SB Method) creates multiple versions of a single tool for different regions and different building uses (Larsson, 2012a).

As shown in Table 1, except for the mode Design Competition, which selects the design project, all the other modes aim to select the company that will develop the design project. That means that, in the majority of cases, the assessment of projects with environmental quality will only be needed in the contract phase, after the procurement process is over.

Table 3: Brazilian bidding modes and the potential adoption of SBTool

Types of Brazilian public procurement	Characteristic of the mode	Potential for adoption of SBTool
Invitation/“Carta convite”	This bidding mode selects the company that will develop the design project.	Can be adopted but must be previously determined in the procurement announcement / “Edital”.
Public competition/ “Concorrência”		Creating a local benchmark is a difficulty.
Live reverse auction/ “Pregão presencial”		The use of SBTool on this modality must be made during the contract phase, after the bidding itself, during design phase ..
Virtual reverse auction/ “Pregão eletrônico”		
Design competition/ “Concurso”	This bidding mode selects the design project.	Can be adopted but must be previously determined in the procurement announcement / “Edital”
		The use of SBTool on this modality must be made during the selection phase, the bidding itself.. It could help in the classification of competing projects and could also guide detailing options after the selection has been made.
Differentiated regime of hiring/ “Regime Diferenciado de Contratação – RDC”	This bidding mode selects the company that will develop the design project or, in the integrated sub-mode design-build the one that will both develop and build.	Can be adopted but must be previously determined in the procurement announcement / “Edital”. Creating a local benchmark is a difficulty.
		The use of SBTool on this modality must be made during the contract phase, after the bidding itself, during design phase
Public companies, Joint stock companies and its Subsidiaries’ law	This bidding mode selects the company that will develop the design project or, in the integrated sub-mode design-build the one that will both develop and build.	Can be adopted but must be previously determined in the procurement announcement / “Edital”. Creating a local benchmark is a difficulty.
		The use of SBTool on this modality must be made during the contract phase, after the bidding itself, during design phase

The method allows analyzing a building in four life cycle phases in addition to considering all dimensions defining the sustainability thus allowing a more thorough check of the building. The generic SBTool is free, which is a relevant aspect to public bodies and used as a zero reference the best regional construction practice and the impact of local materials in the evaluation process (iiSBE, 2016). In this way it provides an opportunity for continuous improvement. Another important issue, according to Souza (2008), is that the SBTool is the only system that takes into account the perception of the user in the assessment of existing buildings, since it has assessment criteria set for building operation / use. However, some challenges were found. SBTool has a difficult and complex structure that is hampered by the

Excel program, since the user needs to fully understand the program in order not to make mistakes that can change the whole assessment system (Aulicino, 2008). In addition, file B needs to be synchronized with file A in order to update the information to file B and to allow the system to work properly (iiSBE, 2016).

As shown in Table 3, creating a SBTool local benchmark would be a common difficulty to all procurement modes. Another barrier to be considered is the continuous evolution and updating of the generic SBTool method, which may cause differences between the local and the generic tools and may confuse users and companies and create problems. When the Edict is not clear or doesn't fulfill these specifications the procurement process itself can be contested by the interested companies or the supervision of future contract will have to deal with the gaps during the contract. In a certain way, the most used options postpone most problems to the contract supervision phase. Design competition is the exception.

The evaluation through SBTool method requires the use of other tools and methods, such as the assessment of the energy performance of the building, or the user satisfaction indicators.

5. CONCLUSIONS

SBTool is a very objective tool, with clear parameters, meeting the needed requirements to guide the development of design projects by contractors and carry out the evaluation of the design projects by the contractor, within the same parameters.

The present stage of this research indicates that SBTool can be applied in all modes of Brazilian procurement, during procurement phase in case of the adoption of contest mode and during contract phase in other modes.

Despite the challenges, the positive points outweigh the negatives, which, with effort and preparation, can be widely overcome.

This research deals with the preliminary analysis of the potential adoption of SBTool tool in biddings in order to lead development assessment of projects with environmental quality. Positive results, as shown, already indicate the potential of SBTool on Brazilian's public procurement process as long as it has been considered since the beginning of design process (pre-design phase) establishing the assessment parameters from the very beginning of the process.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors acknowledge financial support from National Council for Research and Development - CNPq (Research Scholarship), CAPES (Research Scholarship) and Osvaldo Cruz Foundation - FIOCRUZ. Authors also acknowledges the participation of UFRJ's master student Bianca Leal in the SBTool's tests.

REFERENCES

- BRASIL. Federal Decree Nº 3.555/2000.
- BRASIL. Federal Decree Nº 5.450/2005.
- BRASIL. Federal Law Nº 8666 June 21, 1993: *Licitação* <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L8666compilado.htm> Accessed: May 2016
- BRASIL. Federal Law Nº 10.520, July 17, 2002: *Pregão* <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/2002/L10520.htm> Accessed: May 2016
- BRASIL. Federal Law Nº 12.462. August 4, 2011: *RDC* <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/Lei/L12462.htm> accessed: April 2016
- BRASIL. Federal Law Nº 13.303. June 30, 2016. *Legal statute of public companies, joint stock companies and its subsidiaries.* <http://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/_Ato2015-2018/2016/Lei/L13303.htm. > accessed: July 2016
- BRASIL. *Manual de Obras Públicas – práticas da Administração.* Secretaria de Estado da Administração e Patrimônio (SEAP) May 2, 2014. Online: <http://www.comprasnet.gov.br/publicacoes/manuais/manual_construcao.pdf> accessed: May 2016
- CAMPELO, V & CAVALCANTE, R.J. *Obras Públicas: Comentários à Jurisprudência do TCU.* Editora Fórum, Belo Horizonte, 2014.
- iisBE 2016 - INTERNATIONAL INICIATIVE FOR A SUSTAINABLE BUILT ENVIRONMENT. *SB Method and SBTool.* Available online: <http://www.iisbe.org/sbmethod>, Last accessed: May 2016.
- LARSSON, N. 2012a. *Part A, User Guide to the SBTool 2012 assessment framework.* Available online: <http://www.iisbe.org/node/140>, Last accessed: May 2016.
- LARSSON, N. 2012b. *Part B, User Guide to the SBTool 2012 assessment framework.* Available online: <http://www.iisbe.org/node/140>, Last accessed: May 2016.
- LARSSON, N. 2015. *SBTool 2015 - overview 18 Jul 15.* Available online: <http://www.iisbe.org/sbmethod>, Last accessed: May 2016.
- ROY, B & BOUYSSOU, D. *Aide multicritere à la Décision: Méthodes et Cas.* Editora Economica, Paris, 1993.
- SBC 2016 - Sustainable Building Challenge. Available online: http://www.iisbe.org/sb_challenge, Accessed: May 2016.
- SBE Series 2016 - International Sustainable Built Environment Conference Series 2016-2017. Available online: <http://www.sbe-series.org/>, Accessed: May 2016.
- SALGADO, M.S.; LEMOS, H. M. Guidelines for the Certification of Laboratory Architectonic Design, considering Quality, Environment and Safety Requirements. In: SB05 Tokyo. *Proceedings of SB05. Tokyo - Japan:* SB05 Tokyo National Conference Board, 2005. p. 2473-2480
- SOUZA, A. D. S. *Ferramenta ASUS: proposta preliminar para avaliação da sustentabilidade de edifícios brasileiros a partir da base conceitual da SBTool* [dissertation]. Technological center: Federal University of Espírito Santo; 2008.



Influência das fontes de dados nas emissões de CO₂ e no indicador de mudanças climáticas da indústria cimenteira brasileira

Pedro Cesar R. A. Abrão

Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, Departamento de Engenharia Civil, São Paulo, Brasil
pedroabrao@usp.br

Daniel Costa Reis

Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, Departamento de Engenharia Civil, São Paulo, Brasil
danielreis@usp.br

Vanderley M. John

Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, Departamento de Engenharia Civil, São Paulo, Brasil
vmjohn@lme.pcc.usp.br

RESUMO: O objetivo deste trabalho consiste na comparação e quantificação da variabilidade da emissão do Dióxido de Carbono (CO₂) considerando diferentes fontes de dados de Inventário de Ciclo de Vida (ICV) dos cimentos brasileiros. Os dados foram levantados do *Ecoinvent v3.2*, do centro de dados *Getting the number rights* e dos relatórios de sustentabilidade das principais empresas da indústria cimenteira brasileira. Complementarmente, foi também quantificado a influência dos restantes gases, óxido de nitrogênio (NO_x) e metano (CH₄) para cálculo do indicador mudanças climáticas (kgCO₂eq) na metodologia de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV). Os resultados indicam que há uma variação significativa nas emissões de CO₂ mesmo dentro de cada classe de cimento em função das diferentes fontes de dados utilizadas no ICV. Analisando os gases de efeito estufa (CO₂, CH₄ e NO_x), constatou-se que o CO₂ representa 97,5% do potencial de mudança climática (kgCO₂eq). Conclui-se então que a variação de emissão CO₂ entre fontes de dados é significativa, e que para a quantificação do potencial de mudanças climáticas, o CO₂ é o gás que mais influência na intensidade deste índice, indicando a possibilidade de desprezar os restantes gases.

Palavras-chave Variabilidade na emissão de CO₂; Mudança climática; Indústria cimenteira brasileira.

1. INTRODUÇÃO

A produção de cimento representa cerca 8% das emissões de Dióxido de Carbono (CO₂) globais (Tait and Cheung 2016). Mantendo a atual rota tecnológica, esse valor tende a aumentar, em virtude da projeção de aumento na demanda por cimento. Face a este cenário, a indústria cimenteira está empenhada em reduzir as emissões de CO₂ provenientes fundamentalmente da produção de clínquer através da decomposição do calcário e pela queima dos combustíveis fósseis utilizados nesse mesmo processo (Oliveira et al. 2014). Diminuir os níveis de produção de cimento não é uma opção viável do ponto de vista social, considerando a grande demanda na construção de edifícios e infraestruturas; portanto estratégias que permitam reduzir as emissões mantendo os níveis de produção adequados à demanda devem ser priorizadas.

Um elemento de grande relevância para se promover a sustentabilidade ambiental consiste na sensibilização dos consumidores para a aquisição de produtos com menor impacto ambiental. Porém, na indústria cimenteira brasileira, as informações sobre esses impactos ainda é limitada e, em termos comerciais, não permite ao consumidor selecionar os produtos em função do desempenho ambiental. A ACV é uma ferramenta que possibilita a análise da pegada ambiental de produtos durante todo o seu ciclo de vida (Van den Heede and De Belie 2012), bem como comparar os potenciais impactos ambientais de produtos com funções equivalentes, como por exemplo: o cimento.

Uma das categorias de impacto ambiental de maior relevo e comumente utilizada na ACV de produtos cimentícios é o potencial de mudança climática que está correlacionado com o aquecimento global provocada pelos Gases do Efeito Estufa (GEE), destacando-se o CO₂. Na contabilização de inventário de ciclo de vida, as emissões de CO₂ é um parâmetro importante que, por sua vez, influencia o resultado final da ACV. No Brasil, pela ausência de uma base de dados nacional na etapa de inventário, pesquisadores e profissionais têm de recorrer a bases estrangeiras como o *Ecoinvent*, uma das mais populares, para obter dados relativos às emissões de CO₂, CH₄ e NO_x; também podem recorrer ao centro de dados "Getting the Numbers Right" (GNR) (WBCSD, 2014), que fornece dados médios provenientes diretamente da indústria cimenteira brasileira cuja abrangência é de 77% do setor; como terceira alternativa podem utilizar dados dos relatórios de sustentabilidade das empresas cimenteira brasileiras. Apenas os relatórios de sustentabilidade e o GNR fornecem dados primários.

Constatou-se que no Brasil existe apenas um estudo (Oliveira et al. 2014) avaliando as emissões de CO₂ oriundas da indústria cimenteira onde foram utilizados mais de uma fonte de dados; neste estudo também foram apresentadas as emissões de acordo com o fator de clínquer de cada cimento. Porém ainda não existe até o momento uma estimativa do impacto do uso destas diferentes fontes de informações.

A utilização da base de dados estrangeira e do centro de dados do GNR, conforme é proposto atualmente, influencia na comparação entre fabricantes distintos de um mesmo produto, privilegiando as empresas que se encontram acima do valor médio do mercado e prejudicam aquelas que se encontram abaixo. Partindo desta premissa, este artigo tem como primeiro objetivo realizar uma análise da influência da fonte de dados de emissão de

CO₂ utilizadas para o inventário do ciclo de vida dos principais tipos de cimentos comercializados no Brasil.

Por outro lado, no cálculo do indicador mudança climática é prática comum, na metodologia de ACV, contabilizar os restantes gases do efeito estufa como o Metano (CH₄) e Óxidos de Nitrogênio (NO_x), conforme sugerem as diretrizes do IPCC (2007). Porém, o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS) está propondo, no âmbito da metodologia Avaliação do Ciclo de Vida Modular (ACVm), uma estimativa direta somente do CO₂ como um indicador da contribuição dos produtos ao aquecimento global. Novamente não existe uma quantificação do impacto desta decisão na cadeia de cimento. Assim, o segundo objetivo deste trabalho, consiste em quantificar a influência de limitar o inventário às emissões de CO₂, negligenciando o CH₄ e NO_x.

2. METODOLOGIA

A primeira etapa deste trabalho consistiu no levantamento das emissões líquidas de CO₂ através do banco de dados do *Ecoinvent v3.2* considerando o processo *Rest of the World* (RoW), do GNR e dos relatórios de sustentabilidade de quatro empresas cimenteiras que, atualmente, operam no Brasil. Os nomes das empresas e o respectivo volume de produção de cimento não será apresentado neste trabalho para resguardar o seu anonimato. Foram avaliados os principais tipos de cimento brasileiros, nomeadamente, CII-E, CII-Z, CII-F, CIII, CIV e CPV que, de forma conjunta, correspondem a mais de 99,5% da produção anual brasileira. Os documentos normativos brasileiros (NBR 11578) (NBR 5735) (NBR 5736) (NBR 5733) também se fizeram necessários para identificar as faixas de variação do fator clínquer dentro de cada tipo de cimento.

Para o cálculo das emissões de CO₂ para os diferentes tipos de cimento a alocação de emissão de CO₂ do processo produtivo dos materiais cimentícios suplementares foram considerados nulos, hipótese geralmente aceita e exposta na literatura científica (Damineli et al. 2010; Oliveira et al. 2014). Portanto tendo o conhecimento do teor médio de clínquer (k_m) nos cimentos, a emissão de CO₂ do mesmo (C_m) e o teor de clínquer do cimento analisado (k) é possível estimar através da Equação 1 a emissão média de CO₂ para diferentes teores de clínquer (C) (Oliveira et al. 2014), para diversas fontes de dados.

$$C = k \cdot C_m \cdot k_m^{-1} \quad (1)$$

Onde C = emissão média de CO₂; k = teor de clínquer do cimento analisado; C_m = emissão de CO₂ para o teor de clínquer médio; e k_m = teor médio de clínquer.

A segunda etapa consistiu no levantamento dos restantes gases do efeito estufa (CH₄ e NO_x) através do banco de dados do *Ecoinvent 3.2* para os seguintes processos: i) *Rest of the world*; ii) Canadá; iii) Suíça; iv) Europa; v) Estados Unidos da América. Neste trabalho considerou-se um horizonte temporal de 100 anos. Segundo o IPCC (2007), o potencial de aquecimento global para 100 anos é 25 e 298 vezes maior, que o do CO₂, para o CH₄ e NO_x, respectivamente.

A Tabela 1 correlaciona os dados de inventário utilizados neste trabalho para primeiramente quantificar a variabilidade do CO₂ entre inventários, e depois utilizando apenas os dados do *Ecoinvent* para quantificar o peso do NO_x e do CH₄ no cálculo do indicador de mudanças climáticas. Já a Tabela 2 apresenta os dados utilizados para as

análises feitas neste estudo, nomeadamente, fonte de dados, informações para o cálculo das emissões específicas de cada tipo de cimento, informações para o cálculo do indicador GWP e ano de origem dos dados.

Tabela 1. Bases de dados utilizadas para cálculo da variabilidade do CO₂ e quanto impacta essa variabilidade no GWP

Gases do Efeito Estufa (GEE)	Fonte de dados		
	<i>Ecoinvent</i>	Relatórios ambientais da Indústria	GNR - WBCSD
CO ₂	X	X	X
NO _x	X	X	-
CH ₄	X	-	-

Tabela 2. Resumo dados utilizados para as análises feitas neste estudo

Fonte	Fator clínquer no cimento (k _m)	Ano dos dados	Emissão de CO ₂ específica líquida/t cimento (C _m)	Emissão de CH ₄ /t cimento	Emissão de NO _x /t cimento	GWP 100 anos (KgCO ₂ eq/t cimento)	Diferença entre CO ₂ e GWP (%)
Empresa 1	72,90%	2014	566	0	1,59E-03	N/A	N/A
Empresa 2	74,70%	2014	643	0	1,98E-03	N/A	N/A
Empresa 3	72%	2014	572	0	1,36E-03	N/A	N/A
Empresa 4	69,80%	2014	575	0	1,60E-03	N/A	N/A
GNR - WBCSD	68,60%	2014	566	0	0	N/A	N/A
<i>Ecoinvent (RoW)</i>	100%	2009	863	7,27E-01	1,42E-01	923	6,6
<i>Ecoinvent v3.2 (Europa)</i>	100%	2014	839	8,88E-03	1,08E-03	840	0,1
<i>Ecoinvent v3.2 (EUA)</i>	100%	2014	839	8,88E-03	1,08E-03	840	0,1
<i>Ecoinvent v3.2 (Canada)</i>	100%	2011	855	6,10E-03	1,06E-02	858	0,4
<i>Ecoinvent v3.2 (Suíça)</i>	100%	2009	775	5,68E-01	9,92E-02	819	5,3

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Influência das diferentes fontes de dados nas emissões de CO₂

Os resultados da Figura 1 mostram a variabilidade das emissões de CO₂ para os vários tipos de cimento brasileiro em função da fonte de dados (média do GNR; processo RoW do *Ecoinvent*; e faixa de variação entre empresas brasileiras). Verifica-se que dentro de cada tipo de cimento, há uma variação nas emissões de CO₂ devido a fonte de dados utilizada.

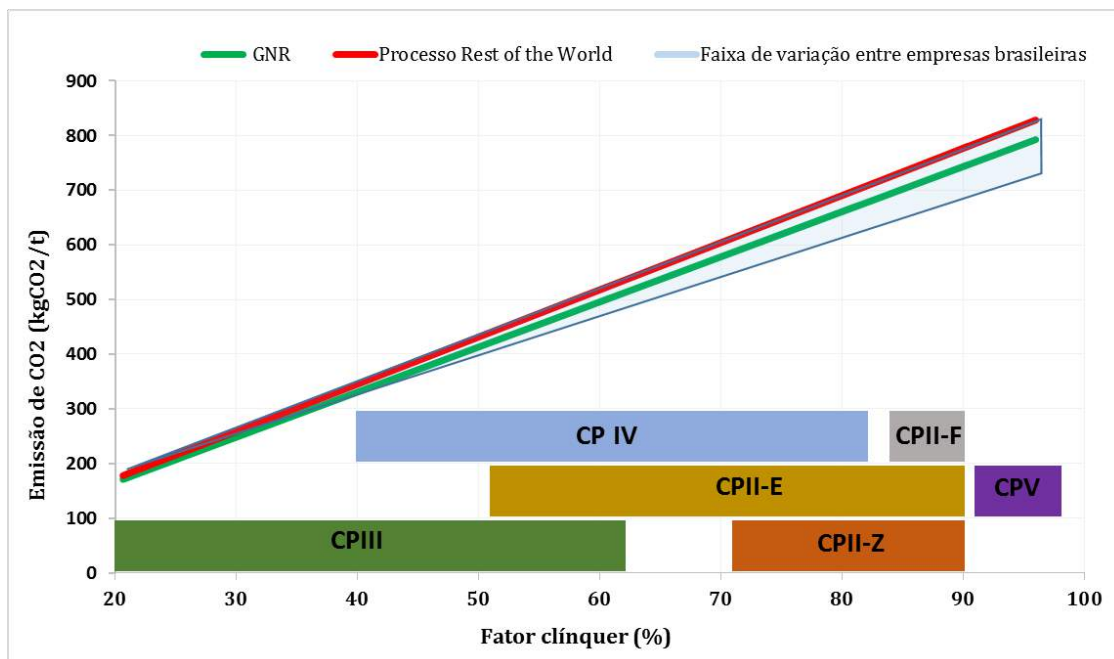


Figura 1. Emissão brasileira de CO₂ por fator clínquer permitido, por tipo de cimento e faixa de emissão dos inventários estudados

A Figura 2 ilustra as emissões líquidas de CO₂ na produção de clínquer utilizando as seguintes fontes de dados: *Ecoinvent* RoW, média do GNR e relatórios de sustentabilidade das indústrias cimenteiras brasileiras. Constata-se, mais uma vez, a variabilidade das emissões de CO₂ entre os diferentes inventários. Convém mencionar a boa eficiência das empresas cimenteiras brasileiras que, de fato, todas elas são melhores ou iguais aos padrões mundiais.

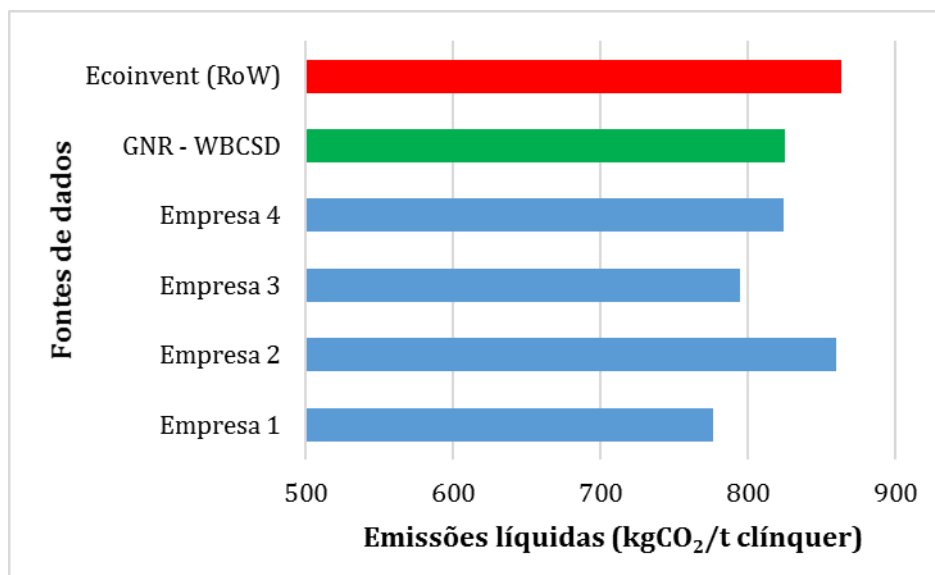


Figura 2. Variabilidade nas emissões líquidas de CO₂ em função dos inventários

A Figura 3 apresenta o impacto da fonte de dados (GNR e relatórios de sustentabilidade das empresas) utilizados nos inventários de ciclo de vida, e mostra a estimativa das emissões de CO₂ associadas aos diferentes tipos de cimento, considerando a faixa de variação de clínquer admitida pela norma. Constata-se, por exemplo, no cimento CPV que para um fator

clínquer de 96%, a diferença nas emissões de CO₂ pode chegar aos 83kgCO₂/t, dependendo da fonte de dados a ser analisada. Esta situação de variabilidade nas emissões de CO₂ demonstra que mesmo utilizando dados primários médios da indústria, conforme disponibilizado pelo GNR, existe uma variância na emissão de CO₂, evidenciando que existe diferença entre empresas do mesmo setor. Quanto maior o fator de clínquer, maior o erro.

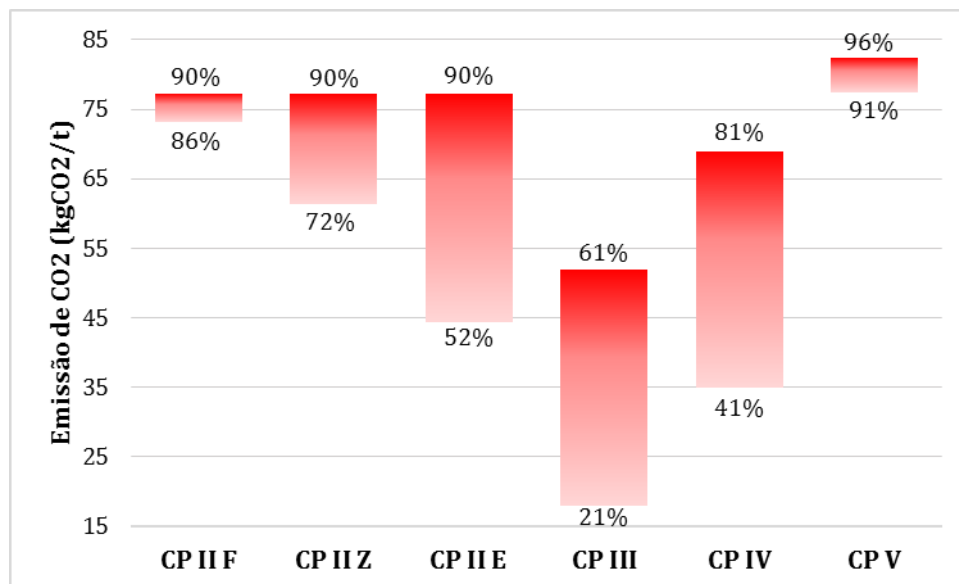


Figura 3: Impacto da fonte de dados utilizados nos inventários de ciclo de vida, e estimativa nas emissões de CO₂ associadas aos diferentes tipos de cimento, considerando a faixa de variação de clínquer admitida pela norma.

A Figura 4 ilustra a incerteza nas emissões de CO₂ para cada tipo de cimento, considerando a variabilidade no teor de clínquer admitido as diferenças entre as fontes de dados analisadas, GNR (média) e relatórios de sustentabilidade das indústrias. Por outras palavras, o gráfico representa a faixa de emissão de CO₂ relacionada a produção dos diferentes tipos de cimentos brasileiros de acordo o teor de clínquer que os mesmos apresentam. Esta faixa foi construída através da compilação de todos os dados provenientes das fontes de dados (Figura 1). Deste modo, qualquer cimento produzido no Brasil, de acordo com seu tipo, estará dentro destas faixas de emissão apresentadas na Figura 4.

Como se pode observar na Figura 4, o fator de clínquer no cimento é um parâmetro importante, mas não absoluto, na definição das emissões de CO₂ (Oliveira et al. 2014). Um cimento CPIII por exemplo pode apresentar maior emissão do que o cimento CPII-E; ou o cimento CPV produzido pela melhor empresa apresentar menor emissão comparando com o cimento CPII de qualquer tipo. Portanto para se fazer uma decisão quanto a utilização do cimento com menor emissão de CO₂ é necessário saber o teor de clínquer exato do mesmo.

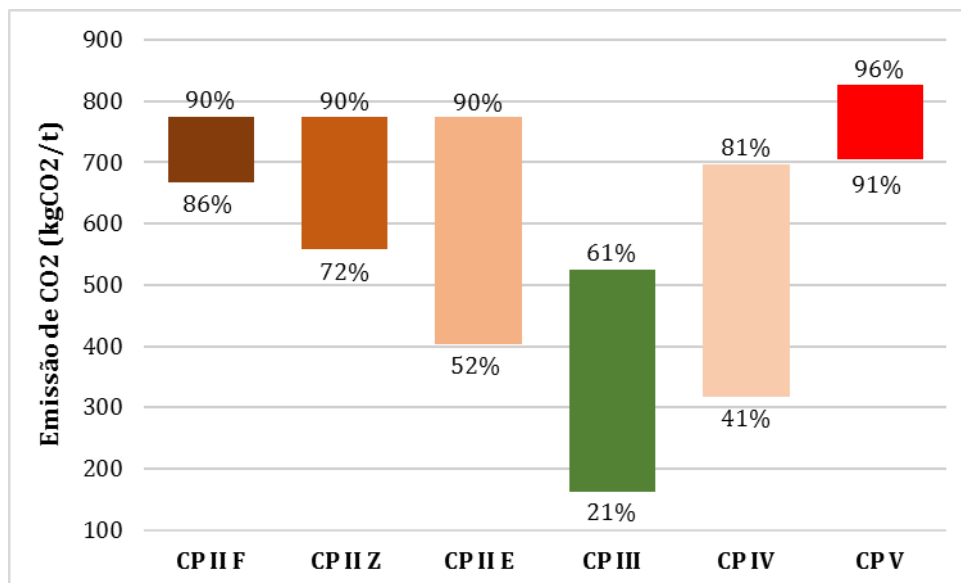


Figura 4: Emissões líquidas de CO₂ para cada classe de cimento

3.2 Influência do CO₂ no indicador mudanças climáticas

O segundo objetivo deste trabalho consiste em averiguar a influência dos diferentes GEE no indicador de mudanças climáticas. Neste caso, apenas foi contabilizado a base de dados do *Ecoinvent*, mas considerando cinco processos: RoW, Europa, Estados Unidos da América (EUA), Canadá e Suíça. Como o GNR informa somente CO₂ e os relatórios de sustentabilidade das empresas não mencionam o metano, que o *Ecoinvent* identifica como sendo um dos GEE emitidos na produção de cimento, não foi possível fazer esta análise para dados primários brasileiros. A Figura 5 representa a contribuição em porcentagem de cada um dos GEE para o indicador mudanças climáticas.

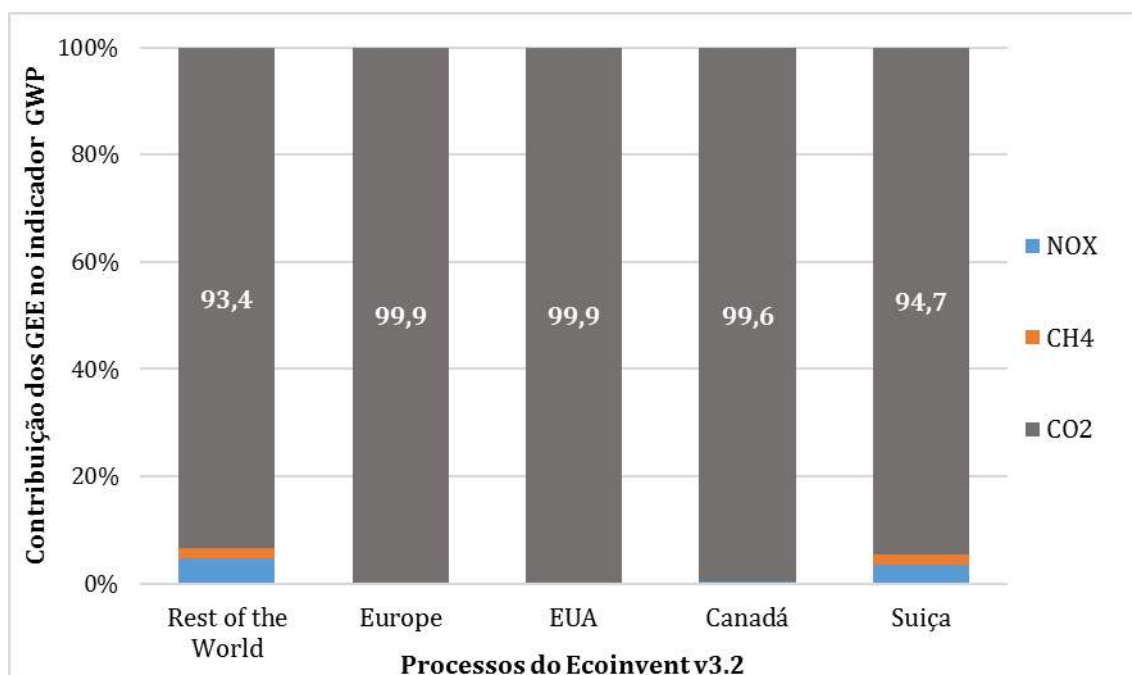


Figura 5. Contribuição dos GEE para o indicador mudanças climáticas

Analisando a Figura 5, facilmente se constata que o CO₂ é o principal GEE, sendo responsável, em média, por 97,5% no indicador mudanças climáticas. Esta situação indica que pouco se perde em termos de precisão quando se despreza os GEE que não o CO₂, como é proposto pelo CBCS. A indústria cimenteira é uma das poucas a medir de forma contínua as emissões de NO_x. No entanto, este fato certamente não é uma realidade em outros setores industriais, como a cerâmica. Por outro lado, não há registro de que alguma cadeia produtiva de materiais de construção no Brasil efetue medida de emissões de metano.

Coloca-se agora uma questão importante: conhecendo as emissões líquidas de CO₂ será possível estimar os restantes GEE? Para responder a esta questão procurou-se correlacionar o fator de emissão de CO₂ com o GWP. Os resultados são apresentados na Figura 6. Verifica-se que o GWP não é uma função linear do CO₂ e, como tal, não é possível ser estimado sabendo apenas o valor das emissões de CO₂.

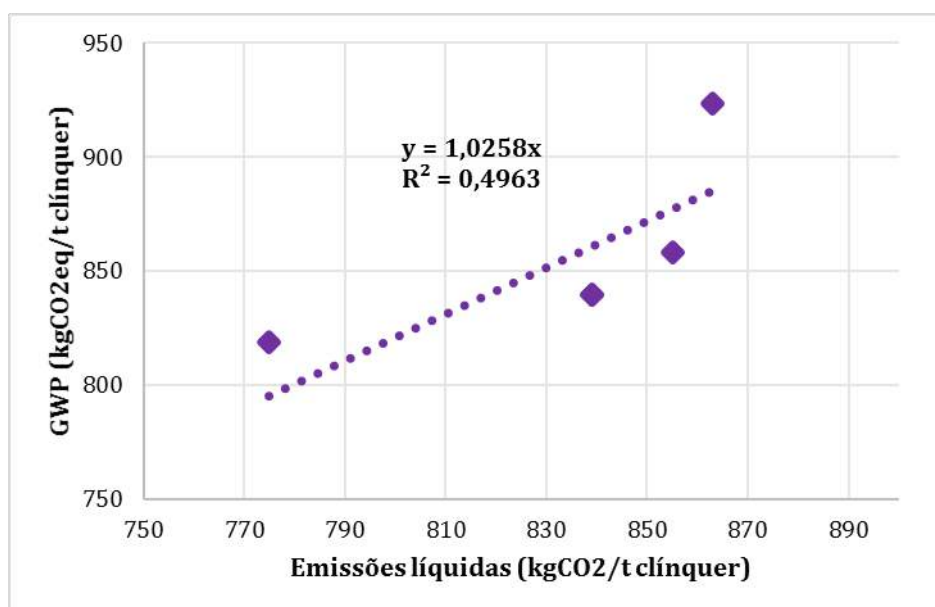


Figura 6. Correlação entre as emissões líquidas de CO₂ e o GWP

O cenário de variabilidade de emissões dentro de cada tipo de cimento vem reforçar a importância de cada empresa desenvolver uma declaração ambiental de seu produto (DAP). Este pode ser realmente o ponto crucial de todo o processo de sensibilização da indústria cimenteira no caminho a uma maior sustentabilidade ambiental do setor. Neste momento, no Brasil, já surgem algumas iniciativas neste sentido destacando-se o trabalho que vem sendo desenvolvido pela ACV Modular que procura, através da redução do escopo e privilegiando o uso de dados primários, avaliar o desempenho setorial das empresas para os aspetos ambientais mais relevantes.

É importante ainda ter em consideração que, a variabilidade nas emissões de CO₂, não está apenas correlacionada ao processo de fabricação, mas também na localização geográfica da fábrica. Considerando que as concentrações de cinza volante e escória de alto forno são diferentes de região para região, fato que influencia na disponibilidade dos teores de substituição de clínquer nas diferentes empresas. Portanto, a comparação entre os produtos cimentícios de diferentes produtores deve ser realizada não só empregando dados primários, medidos diretamente em cada empresa, mas também dentro de um contexto regional onde se encontram. Nestes casos, a principal diferença na emissão de CO₂ estaria

atrelada a eficiência dos fornos para produção do clínquer, considerando que a faixa de incorporação de clínquer no cimento seria igual para todos os produtores.

4 CONCLUSÕES

Neste artigo avaliou-se quantitativamente a variação das emissões do CO₂ entre as diferentes fontes de dados e qual o seu peso no indicador mudanças climáticas para os vários tipos de cimento brasileiro.

Verificou-se, em primeiro lugar, que existem diferenças significativas entre as emissões de CO₂ de diferentes empresas brasileiras. Esta constatação reforça a necessidade de uma Declaração Ambiental de Produto por empresa. Revela também a limitação do uso de base de dados que apresentam valores únicos para descrever cadeias industriais. Estas bases fornecem ao usuário uma falsa precisão e permitem comparações entre materiais diferentes, ignorando que as diferenças entre empresas podem ser até mais importantes. Esta prática além de igualar empresas com diferentes compromissos ambientais, falha em alertar o consumidor sobre o potencial de redução dos impactos ambientais pela simples seleção de fornecedores.

Assim, acreditamos que a utilização de dados inventariados diretamente (primários) da indústria e de forma individual é possível gerar indicadores que permitem promover a mitigação de impactos ambientais e, desta forma, aumentar a sustentabilidade na indústria cimenteira.

Verificou-se, em segundo lugar, que a simples medição do CO₂ reflete adequadamente o indicador mudanças climáticas para o caso de cimento. Deste modo, ao se desprezar os restantes gases com potencial de aquecimento global, se possibilita também a redução do escopo permitindo às empresas inventariar os seus dados de forma mais simples. Este cenário comprova a robustez da metodologia de ACV Modular que, em seu método de avaliação, propõem apenas inventariar dados primários de CO₂.

5 AGRADECIMENTOS

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo financiamento à pesquisa.

REFERÊNCIAS

- Damineli, Bruno L., Fernanda M. Kemeid, Patricia S. Aguiar, and Vanderley M. John. 2010. "Measuring the Eco-Efficiency of Cement Use." *Cement and Concrete Composites* 32 (8): 555–62.
- Oliveira, Vanessa Carina Heinrichs Chirico, Bruno Luís Damineli, Vahan Agopyan, and Vanderley Moacyr John. 2014. "Strategies for the Minimization of CO₂ Emissions from Concrete." *Ambiente Construído* 14 (4): 167–181.
- Tait, Michael W., and Wai M. Cheung. 2016. "A Comparative Cradle-to-Gate Life Cycle Assessment of Three Concrete Mix Designs." *The International Journal of Life Cycle Assessment* 21 (6): 847–60.
- Van den Heede, P., and N. De Belie. 2012. "Environmental Impact and Life Cycle Assessment (LCA) of Traditional and 'green' Concretes: Literature Review and Theoretical Calculations." *Cement and Concrete Composites* 34 (4): 431–42.

World business council for sustainable development (WBCSD). Getting the numbers right project. 2014. Geneva. Disponível em: <<http://www.wbcsdcement.org/GNR-2013/index.html>>. Acesso em: 15 mai. 2016.

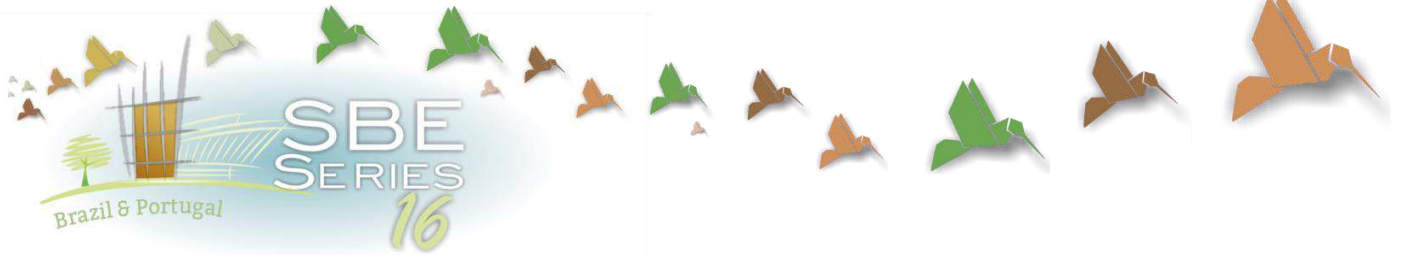
Lafarge. Sustainability report 2014. São Paulo. Disponível em: <<http://www.lafarge.com/en/sustainability-report>>. Acesso em: 15 mai. 2016.

Intercement. Relatório Anual 2014. São Paulo. Disponível em: <<http://www.intercement.com/sites/ra2014/inovacao-e-sustentabilidade.php>>. Acesso em: 30 mai. 2016.

Holcim. Corporate Sustainable Development Report 2014. São Paulo. Disponível em: <<http://www.holcim.com/sustainable.html>>. Acesso em: 15 mai. 2016.

Votorantim. Relatório de sustentabilidade 2014. São Paulo. Disponível em: <<http://www.votorantim.com.br/ptbr/responsabilidadeSocialCorporativa/Paginas/relatorios.as>>. Acesso em: 20 mai. 2016.

Intergovernmental panel on climate change (IPCC). Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. 2007. Cambridge. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4_wg2_full_report.pdf>. Acesso em: 03 jun. 2016.



Impacto ambiental dos edifícios - Cenários França e Brasil

Laura do Carmo Baumgratz de Paula Larivoir

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Urbana, Rio de Janeiro (RJ), Brasil

lauracbpaula@poli.ufrj.br

Pedro Kopschitz Xavier Bastos

Universidade Federal de Juiz de Fora, Departamento de Construção Civil, Juiz de Fora (MG), Brasil

pedro.bastos@ufjf.edu.br

RESUMO: A construção civil é um setor atividades que causa muitos impactos ambientais, como grande consumo de materiais, água, energia e geração de resíduos. É preciso tornar o setor mais sustentável adotando uma visão sistêmica de toda a cadeia produtiva, ao longo do ciclo de vida dos materiais e dos edifícios. O presente trabalho aborda este tema através de uma reunião de conceitos e um estudo de caso, tomando a realidade da França como referência para realçar a lacuna existente no Brasil na área de impactos dos edifícios. É indispensável considerar o ciclo de vida das edificações, especialmente a fase de especificações de materiais, pois o impacto gerado numa fase inicial do empreendimento pode ser irreversível. O estudo de caso de um edifício com a ferramenta computacional francesa "CoCon" de cálculo de impactos mostra algumas possibilidades de redução de impactos - a opção por alguns materiais nas etapas de alvenaria, cobertura, revestimento de piso e esquadrias pode representar redução de até 30% de energia embutida e até cerca de 26% nas emissões de CO₂.

Palavras-chave Edifícios, Materiais de construção, Análise do ciclo de vida, Construção sustentável.

1. INTRODUÇÃO

A construção civil é um dos setores mais importantes para a economia e o desenvolvimento dos países e, ao mesmo tempo, um dos maiores causadores de impactos ambientais negativos. Dentre eles podem ser citados o uso intensivo de recursos naturais, o consumo de energia, o consumo de água, a geração de resíduos e a poluição do ar. A indústria da construção civil consome, no mundo, cerca de 60% dos recursos naturais, 45% da energia produzida e gera 40% do total de resíduos (BRIBRIÁN, 2011; ANTÓN, 2014; IRIBARREN, 2015). É urgente que ocorram mudanças neste cenário para tornar o setor sustentável, conciliando aspectos ambientais, econômicos e sociais.

A França, país onde 44% da energia são consumidos pelos edifícios dos setores residencial e terciário (MOLLE, 2013) avançou muito na última década com as leis Grenelle 1 e Grenelle 2 (de 2009 e 2010, respectivamente), que têm como um dos principais eixos a melhoria da eficiência energética dos edifícios - o objetivo é reduzir em 38% o consumo de energia (MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'ÉNERGIE, 2010). As regulamentações térmicas também estabelecem políticas e metas importantes para o mesmo setor. A *Réglementation Thermique 2012 - RT 2012* fixa o consumo máximo de energia dos novos edifícios em 50 kWh/m².ano, em média, de acordo com características de projeto e de localização, considerando altitude e clima de determinada zona bioclimática (MOLLE, 2013).

De outro lado, países em desenvolvimento, como o Brasil, encontram-se em estágio primitivo quanto a políticas governamentais, nível de conscientização da indústria e de ações no setor que sejam significativas local e globalmente. O setor da construção civil brasileiro, notadamente o de edifícios, caracteriza-se pela presença maciça de processos quase artesanais de produção, uso intensivo de mão de obra e altos índices de desperdício.

De toda energia elétrica consumida no Brasil, 14% são utilizados em edificações residenciais e pelo setor de serviços. A indústria consome 32% (BRASIL, 2015). A melhora da eficiência energética das edificações e dos equipamentos nelas utilizados é essencial para uma redução do consumo no setor.

Apesar das disputas geopolíticas globais não terem permitido, até o presente, avançar nos acordos climáticos internacionais no ritmo necessário, a ciência e a tecnologia têm dado sua contribuição. As novas ferramentas computacionais de análise do ciclo de vida dos edifícios são um exemplo. Porém, ainda existem muitas restrições para sua aplicação genérica em realidades muito distintas - França e Brasil, por exemplo.

2. OBJETIVO

Este artigo apresenta uma abordagem dos cenários de Brasil e França na área de impactos ambientais dos edifícios, com o objetivo de contribuir para a discussão dos seguintes pontos:

- Limites e limitações a serem considerados em um estudo de impacto ambiental de um edifício;
- Uso de ferramentas computacionais de análise de ciclo de vida de edifícios em realidades distintas.

3. METODOLOGIA

O desenvolvimento do presente trabalho se apoiou em literatura sobre o tema, obtida em oportunidades de intercâmbio dos autores para pesquisa na França e no uso de uma ferramenta computacional (planilha eletrônica "CoCon") também obtida naquele país, para cálculo dos impactos ambientais do estudo de caso aqui apresentado.

4. IMPACTO AMBIENTAL DOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO E DOS EDIFÍCIOS - LEIS E NORMAS

O Brasil possui legislação ambiental consistente e bem estruturada para vários setores de atividades. Entre as leis mais abrangentes que tangem o setor de construção em alguns pontos podem ser citadas a Política Nacional do Meio Ambiente, a Política Nacional de Resíduos Sólidos e a resolução Conama número 307, que classifica os resíduos de construção civil por tipos, entre outras. Normas técnicas também tratam do desempenho dos edifícios incluindo aspectos térmicos, como a NBR 15575 - Edificações habitacionais - Desempenho, de 2013, e a NBR 15220 - Desempenho térmico de edificações, de 2005, parte 3, que estabelece o zoneamento bioclimático brasileiro e sugere diretrizes construtivas para edificações.

Na França, além das já mencionadas Leis Grenelle 1 e 2, merece destaque a norma NF P01 - 010 - *Qualité environnementale des produits de construction - Déclaration environnementale et sanitaire des produits de construction* (Qualidade ambiental dos produtos de construção - Declaração ambiental e sanitária dos produtos de construção), que reúne dez impactos de produtos de construção: consumo de energia primária renovável e não-renovável, esgotamento dos recursos naturais, consumo de água, geração de resíduos sólidos, mudanças climáticas, poluição do ar, poluição da água, destruição da camada de ozônio estratosférico, acidificação atmosférica, e formação de ozônio fotoquímico (ARENE, 2012).

Para fins de medição dos impactos são mais comuns, na literatura, os dados relacionados a consumo de energia e emissão de CO₂. A energia total do ciclo de vida de um edifício é composta por energia embutida (ou energia incorporada) e energia operacional. A energia embutida está contida nos materiais utilizados na construção, durante os processos de produção, na construção e, posteriormente, na demolição e disposição final (DIXIT, 2010). A energia operacional é aquela utilizada para manter o ambiente interior confortável (aquecimento, resfriamento, iluminação) e para operação de aparelhos.

Leis e regulamentações (como as regulamentações térmicas francesas) proporcionam redução do consumo de energia operacional; a redução de energia embutida, porém, ocorre na escolha correta dos materiais (ARENE, 2012).

As emissões de gás carbônico estão diretamente relacionadas com a fonte primária da energia gerada e usada em certo trabalho o - queima de carvão, queima de combustíveis fósseis, energia elétrica, etc. Para cada kWh de energia costuma-se associar certa quantidade de CO₂, em toneladas, de acordo com matriz energética local. Carbono embutido, portanto, são as emissões de CO₂ ocorridas durante a extração de matéria prima, transporte, fabricação, montagem, desmontagem e descarte final de vida de um produto.

Na indústria da construção, a maior parte do CO₂ é produzida a partir da queima de combustíveis fósseis e nos processos de fabricação de cimento (MONAHAN, 2011).

5. ANÁLISE DO CICLO DE VIDA (ACV) DE EDIFÍCIOS

Segundo Miyazato (2009), a Análise do Ciclo de Vida (ACV) é uma “ferramenta de gestão para análise e escolha de alternativas e tomada de decisão sob uma perspectiva ambiental (...) que conduz a ações mais efetivas e, conseqüentemente, com maior sustentação a longo prazo em relação à redução dos custos econômicos e ambientais“. As mudanças tecnológicas obtidas com a ACV são essenciais para o processo produtivo, uma vez que possuem efeito multiplicador ao longo da cadeia produção, incluindo processos de reciclagem e de reuso. Dentre as principais questões técnicas a serem abordadas durante a realização de uma ACV estão a definição das fronteiras do sistema e a qualidade dos dados disponíveis (HAMMOND, 2008).

Através da ACV é possível selecionar a melhor tecnologia disponível e minimizar o impacto ambiental dos edifícios através das decisões tomadas desde o projeto. Devido à grande quantidade de matérias-primas e do alto consumo de energia para transformá-las em produtos para construção civil (aço, cimento, plásticos, tintas, etc.), a escolha dos materiais com alto teor de energia embutida pode tornar muito elevado, desde o início, o consumo de energia total do edifício. Além disso, a escolha dos materiais determina o futuro do consumo de energia usada para aquecimento, ventilação e ar condicionado, entre outras demandas (BRIBIÁN, 2011).

6. FRANÇA E BRASIL - REALIDADES DISTINTAS

França e Brasil são países muito distintos em extensão territorial, tamanho da população, clima, costumes e cultura, entre outros aspectos.

Cada país possui suas matrizes energética e elétrica - o cruzamento entre as fontes e o uso de energia por setor de atividades fornece um quadro dos efeitos de cada um, balizador para políticas de redução de emissões de gases do efeito estufa - GEE.

Dados brasileiros adaptados de "Balanço Energético Nacional 2015 – Ano base 2014: Relatório Síntese" (BRASIL, 2015) e dados relativos à França obtidos em "Bilan énergétique de la France pour 2014" (MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'ÉNERGIE, 2015), mostram a predominância de energia proveniente de urânio (79,37 %) e eletricidade de fonte nuclear (73,30 %) na França, em contraste com as matrizes brasileiras, em que biomassa, eletricidade hidráulica e petróleo representam 68,40 % da oferta interna de energia e 76,80 % da eletricidade produzida é de origem hidráulica. Com isso, ainda de acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (BRASIL, 2015), a emissão de CO₂ por MWh gerado do setor elétrico brasileiro foi de cinco a seis vezes inferior à europeia em anos recentes.

A seguir reúnem-se alguns dos principais aspectos que determinam as diferenças dos impactos ambientais dos edifícios em função da localização (país):

- Processos de fabricação do mesmo produto - tecnologia empregada (máquinas, equipamentos mais ou menos modernos e produtividade);

- Recursos naturais: as fontes mais próximas e abundantes (água, madeira, petróleo, carvão, sol, vento, etc.) levam cada país a privilegiar aquilo que custa menos, nem sempre dando prioridade ao que é ambientalmente melhor;
- Matriz energética - é um reflexo, em primeiro lugar, da quantidade proporcional de recursos naturais disponíveis com potencial de gerar energia. Em segundo lugar, do grau de desenvolvimento do país e das metas públicas estabelecidas, algumas espontâneas e, outras, atreladas a protocolos internacionais;
- Transporte - boa parte das emissões e da energia embutidas em um produto estão ligadas às distâncias percorridas entre o local de extração e a fábrica e a obra, além do meio utilizado (navio, avião, caminhão, trem,...), cada um com seu respectivo tipo de combustível e consumo por quilômetro. Países com dimensões territoriais muito distintas tendem a apresentar impactos ambientais proporcionalmente distintos por tonelada de produto, por exemplo.
- Clima - os projetos, as especificações de materiais e as condições de uso (necessidades de aquecimento ou refrigeração, de acordo com a região) dos edifícios dependem do tipo de exposição;
- Estágio tecnológico - eficiência energética dos equipamentos determinam os níveis de consumo e os níveis de perdas;
- Tecnologia construtiva - proporções no uso de homens e máquinas nos canteiros de obra e características dos materiais empregados (matéria prima, propriedades mecânicas e térmicas) afetam diretamente o cálculo de impactos ambientais.

7. BASES DE DADOS E FERRAMENTAS DE CÁLCULO

As bases de dados para cálculo da ACV permitem armazenar e organizar informações de modo a facilitar a sua exploração. Na França, a mais conhecida para o setor de construção é a base INIES de produtos, equipamentos e serviços, disponibilizada gratuitamente pelo CSTB - *Centre Scientifique et Technique du Bâtiment* - no sítio <http://www.base-inies.fr>. A base INIES coloca à disposição 1.596 Fichas de Declaração Ambiental e Sanitária (FDES, na sigla em francês) de produtos de construção e decoração, cobrindo mais de 31.000 produtos do mercado francês, fornecidas pelos fabricantes e pelos sindicatos profissionais. Entre as principais bases europeias do setor de construção também podem ser citadas a suíça KBOB, que utiliza dados fonte da base ECOINVENT, também suíça, e a britânica ICE - *Inventory of Carbon and Energy*. (ARENE, 2012; HAMMOND, 2008)

As diversas ferramentas computacionais de cálculo de ACV disponíveis podem produzir resultados diferentes, em função de diversos parâmetros de cálculo, como os limites do estudo (berço à fábrica, berço ao portão, berço ao túmulo,...) e a base de dados adotada. Segundo o guia "A energia cinza dos materiais e das obras" (ARENE, 2012), para escolher a ferramenta adequada deve-se considerar aquelas que permitem, no mínimo, comparar soluções.

Dados brasileiros são ainda escassos. Merecem destaque os organizados por Silva e Silva (2015) para materiais (desde a extração da matéria prima até o portão das fábricas) e para o metro quadrado de construção de uma tipologia construtiva selecionada - edifício até três pavimentos e estrutura de concreto armado, entre outras características. No entanto, é necessário começar a criar a cultura de se calcular os impactos ambientais das

construções na fase de projeto, mesmo que isso signifique, no atual estágio brasileiro de inexistência de bases de dados e de ferramentas adequadas às características nacionais do setor, o uso de recursos adaptados.

A planilha eletrônica CoCon (*COmparaison de Solutions COnstructives, de CONfort et d'Émissions de CO₂*)¹, entre as muitas ferramentas existentes, permite estimar a qualidade ambiental de um edifício em termos de soluções construtivas e ambientais. É possível caracterizar o projeto pelo tipo de intervenção (obra nova ou reforma), localização, altitude, vida útil prevista e os selos *greenbuilding* utilizados. O programa permite nomear, mudar a espessura e os materiais utilizados, especificar quantidades, áreas, custos e gerar resultados de mudanças climáticas, em kg de CO₂ por m², consumo de recursos naturais e consumo de energia primária, entre outros indicadores. Através do número de ocupantes, área construída e a área de partes da obra como paredes, janelas, fundações e cobertura, o CoCon fornece, também, dados de resistência térmica, mudanças climáticas, energia primária e energia cinza consumidas pelo edifício.

8. ESTUDO DE CASO

O presente trabalho traz um estudo do impacto ambiental - energia embutida e emissão de CO₂ - de um edifício para o qual são feitas variações de materiais utilizando a ferramenta computacional CoCon. O objetivo é mostrar uma estratégia de avaliação comparativa de impactos na fase de especificação de materiais de um projeto. A ferramenta usada faz os cálculos levando em conta a energia embutida dos materiais e a eventual substituição de elementos construtivos ao longo da vida útil estimada para o edifício.

Foi escolhida uma tipologia bastante comum nos centros urbanos, de altura e porte médios - sete pavimentos, estrutura de concreto armado, paredes de vedação em alvenaria, quatro apartamentos por pavimento, área total construída de 1.630,0 m². O projeto, assim como o consumo de materiais por etapa de obra, foram extraídos de Del Mar (2008). Algumas características dos materiais ou de partes da construção, como tempo de vida útil estimada e espessuras diversas de pisos e revestimento de parede, foram inseridas no programa. Outras, como densidade e condutividade térmica, fazem parte da base de dados do CoCon. As variações do estudo foram feitas para o tipo de piso dos apartamentos (madeira ou cerâmico), tipo de cobertura (telha cerâmica ou de concreto), tipo de esquadria (alumínio ou madeira) e tipo de bloco de alvenaria (cerâmico ou de concreto). Em todos os casos a estrutura do edifício é de concreto armado. O prédio adotado como referência (PR) é composto por:

- Pisos: laje de concreto armado revestida com piso cerâmico;
- Cobertura: telha cerâmica;
- Esquadrias: portas de madeira e janelas de alumínio com vidro duplo;
- Paredes de vedação: blocos cerâmicos.

¹ Consultar: <http://www.eosphere.fr/COCON-comparaison-solutions-constructives-confort.html>

A Tabela 1 mostra as áreas (m²) das partes do edifício consideradas nos cálculos de impactos.

Tabela 1- Áreas (m²) de partes do edifício.

Partes do edifício	Área
	m ²
Alvenaria	3.813,0
Cobertura	227,0
Laje com revestimento de piso	1.589,0
Esquadrias - janelas	112,0
Esquadrias - portas	294,0

O estudo de caso traz resultados de consumo de energia embutida e de emissão de CO₂ das etapas de extração de matéria prima até a entrega na obra. Não traz resultados do uso do edifício. Deve-se ressaltar, como limitação, que a base de dados da ferramenta CoCon não se aplica de modo direto ao cenário brasileiro. As adaptações a serem feitas, como inserção de fatores de cálculo de acordo com a matriz energética, distâncias de transporte e processos e fabricação dos materiais não serão objeto deste estudo. Os resultados, portanto, devem considerar esta ressalva, mas, por outro lado, sua proporcionalidade pode ser entendida como útil na pré-avaliação de materiais no momento da especificação, na fase de projeto do edifício. Além disso, o presente estudo tem como um dos objetivos trazer à tona a reflexão sobre o tema.

A partir do prédio de referência foram alterados os materiais de partes da obra para analisar os diferentes impactos da substituição em cinco casos. Nos prédios chamados P1, P2, P3, P4 e P5 foram mantidas as características do prédio de referência, trocando apenas:

- P1 - bloco de concreto no lugar de bloco cerâmico da alvenaria;
- P2 - telha de concreto no lugar de telha cerâmica;
- P3 - piso de madeira no lugar de piso cerâmico;
- P4 - janela de madeira no lugar de janela de alumínio;
- P5 - todas as partes estudadas foram trocadas.

Em todos os edifícios, incluindo o prédio de referência, considerou-se o mesmo material - madeira - para as portas. As etapas de fundação e instalações não foram incluídas nos cálculos.

Algumas características dos materiais adotados pelo programa para os cálculos são mostradas na Tabela 2. Para definir a estimativa de duração de vida de cada material, utilizaram-se valores da norma ABNT NBR 15575 (ABNT, 2013), que define a Vida Útil Estimada como sendo “a durabilidade prevista para cada dado produto, inferida a partir de dados históricos do desempenho do produto ou de ensaio de envelhecimento acelerado”. Foi adotada vida útil de 100 anos para todos os materiais, exceto para os telhados e para os pisos e as janelas de madeiras, para os quais se adotou 60 anos.

Tabela 2 - Características dos materiais utilizados

Partes do edifício	Densidade	Condutividade térmica - λ	Espessura	Vida Útil estimada	Energia Cinza	Emissões de CO ₂
	kg/m ³	W/m.K	cm	anos	kWh/m ²	kg _{eq} CO ₂ /m ²
Alvenaria - Bloco Cerâmico						
Argamassa de cimento, cal e areia.	1600	0,7	2	100	20	6,87
Bloco cerâmico	663	0,25	10	100	47	13,2
Revestimento de cimento, cal e areia	1600	0,7	2	100	20	6,87
Alvenaria - Bloco de Concreto						
Argamassa de cimento, cal e areia.	1600	0,7	2	100	20	6,87
Bloco de concreto	1185	0,952	10	100	22	8
Revestimento de cimento, cal e areia	1600	0,7	2	100	20	6,87
Cobertura						
Telha cerâmica	1570	0,64	-	60	68	12,4
Telha de concreto	1400	0,146	-	60	39	10,47
Laje de Concreto Armado + Piso Cerâmico						
Concreto armado	2150	2,3	10	100	81	30,67
Argamassa de cimento	1850	1,4	2,5	100	24	8,58
Cola para revestimento cerâmico	1034	0,7	1	100	21	5,55
Piso cerâmico	2321	2,6	1	100	90	19,1
Laje de Concreto Armado + Piso de Madeira						
Concreto armado	2150	2,3	10	100	81	30,67
Argamassa de cimento	1850	1,4	2,5	100	24	8,58
Cola Vinylique D1 para madeira	850	0,1	1	100	1	0,12
Piso de madeira maciço, seco ao ar	650	0,18	2,5	60	16	2,38
Esquadrias						
Janela de alumínio com vidro duplo Uw=1,9 W/m ² K	400	0,133	100	786	212	
Janela de madeira com vidro simples Uw=5,7W/m ² K	702	0,399	60	190	25,53	
Portas de madeira de entrada 58 mm BEL'M	616	0,077	100	1281	217	

9. RESULTADOS E ANÁLISE

A Figura 1 mostra o consumo de energia cinza (em kWh/m²) dos casos estudados. Como é possível observar, há uma redução na quantidade de energia cinza por metro quadrado dos edifícios, à medida que são substituídos materiais mais impactantes por outros menos impactantes, até se chegar a uma redução de quase 30% de energia, quando comparados o edifícios de referência com o edifício P5, para o qual foram feitas todas as substituições possíveis pensadas no presente estudo. A maior redução percentual (14,6%) para a

substituição de apenas uma parte da obra ocorreu para a troca de piso cerâmico por piso de madeira no edifício P3, seguida (7,9%) pela troca de bloco cerâmico por bloco de concreto para a alvenaria no edifício P1 e pela troca de janela de alumínio por madeira no edifício P4 (5,4%). A troca de telha cerâmica por telha de concreto representou redução de apenas 0,5%, comparando-se os edifícios PR e P2. Evidentemente, estes percentuais dependem das quantidades de serviço em cada etapa da obra.

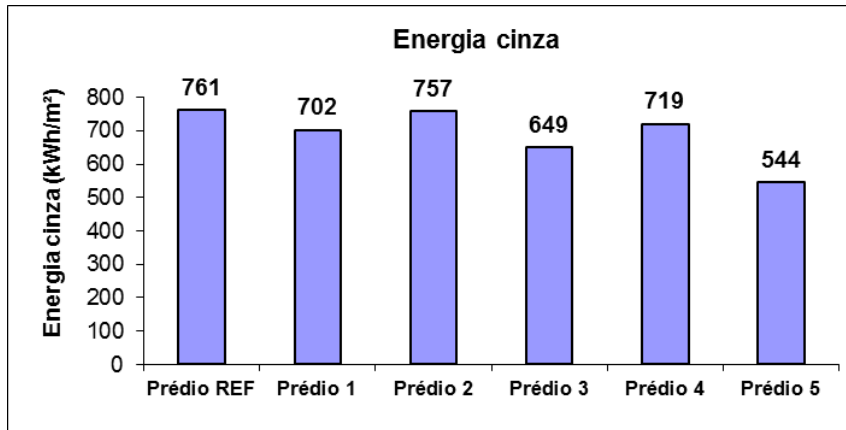


Figura 1- Consumo de energia cinza dos edifícios por m².

A Figura 2 mostra as emissões de CO₂ (em kg_{eq}CO₂/m²) por edificação. Observações muito parecidas com as que foram feitas para a energia podem ser feitas para as emissões de CO₂. Ao final, a redução (PR comparado com P5) total observada para as emissões de CO₂ por m², chegou a aproximadamente 26%.

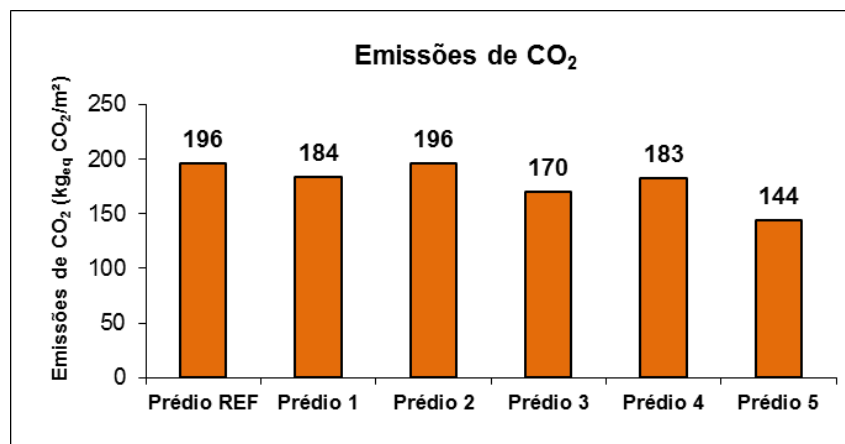


Figura 2 - Emissões de CO₂ dos edifícios por m²

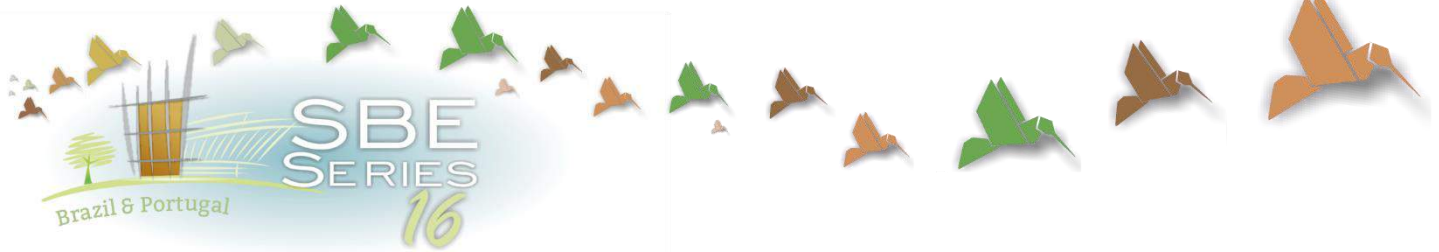
10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os impactos ambientais gerados pela construção civil podem ser observados em toda a cadeia produtiva - desde a extração de recursos até o descarte final. Ao se aplicar estratégias de sustentabilidade nas fases de concepção e projetos, é possível uma intervenção no desempenho das edificações. Assim, a especificação de materiais é especialmente importante no ciclo de vida, pois os impactos relacionados à energia embutida podem ser irreversíveis. A França é uma das maiores referências em legislação,

normas, bases de dados públicas e uso de ferramentas computacionais para cálculo de impactos ambientais de edifícios. Há uma grande lacuna na realidade brasileira nessa área, mas, nem por isso, devem-se privar os projetos de cálculos comparativos entre soluções construtivas na fase de especificação de materiais. O estudo apresentado neste trabalho com uma ferramenta e dados europeus teve como objetivo mostrar uma estratégia a ser adotada nas comparações. Por meio da ferramenta CoCon, aplicada em um edifício com características convencionais, mostrou-se que a simples substituição de materiais nas etapas de alvenaria, cobertura, revestimento de piso e esquadrias pode representar redução de impactos de até 30% para a energia embutida e até cerca de 26% para as emissões de CO₂. Para que estudos mais completos sejam realizados com números adaptados ao cenário brasileiro, é necessário desenvolver e trabalhar com base de dados de materiais com características, propriedades e processos produtivos da construção civil nacional. Ao mesmo tempo, programas computacionais devem ser criados ou adaptados para cálculos que permitam simulações para decisões ainda na fase de projeto.

REFERÊNCIAS

- ABNT. NBR 15575: Edificações habitacionais - Desempenho Parte 1: Requisitos gerais, 2013d.
- Antón, Laura Álvarez; DÍAZ, Joaquín. Integration of LCA and BIM for Sustainable Construction. *World Academy of Science, Engineering and Technology, International Science Index*, v. 89, p. 1345-1349, 2014.
- Arene, Guide Bio-tech: *L'énergie grise des matériaux et des ouvrages*. ICEB, 2012.
- Brasil. Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional 2015 – Ano base 2014: *Relatório Síntese Rio de Janeiro*: EPE, 2015.
- Bribrián, I. Z. Life cycle assessment of building materials: Comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential, *Building and Environment*, Volume 46, Issue 5, May 2011, Pages 1133-1140
- Del Mar, C. P. Orçamento exato – Prédio estrutural de baixo padrão. *Guia da Construção – Construção Mercado*. 83 ed. São Paulo: Editora PINI, 2008.
- Dixit, M. K. Identification of parameters for embodied energy measurement: A literature review, *Energy and Buildings*, Volume 42, Issue 8, August 2010, Pages 1238-1247
- Hammond, G. P. and Jones, C. I. (2008) Embodied energy and carbon in construction materials. *Proc. Instn Civil. Engrs: Energy*, in press.
- Iribarén, D., Marvuglia, A., Hild, P., Guiton, M., Popovici, E., & Benetto, E. (2015). Life cycle assessment and data envelopment analysis approach for the selection of building components according to their environmental impact efficiency: a case study for external walls. *Journal of Cleaner Production*, 87, 707-716.
- Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie. *Le Grenelle Environnement - Loi Grenelle 2*. 2010. Disponível em: http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Grenelle_Loi-2.pdf. Acessado em 26/07/2016.
- Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie. *Bilan énergétique de la France pour 2014*. 2015. Disponível em: http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/fileadmin/documents/Produits_editoriaux/Publications/References/2015/ref-bilan-energie-2014-juillet2015-b.pdf. Acessado em 26/07/2016.
- Miyazato, Tarsila; Oliveira, C.T. de A. Avaliação do Ciclo de Vida (ACV): aplicações e limitações no setor da construção civil. *V Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis*, v. 49, 2009.
- Molle, D.; Patry, P-Manuel. RT 2012 et RT Existant - *Réglementation thermique et efficacité énergétique*. 2. ed. Paris, Eyrolles, 2013.
- Monahan, J. An embodied carbon and energy analysis of modern methods of construction in housing: A case study using a lifecycle assessment framework, *Energy and Buildings*, Volume 43, Issue 1, January 2011, Pages 179-188.
- Silva, V. G.; Silva M. G. Seleção de materiais e edifícios de alto desempenho ambiental. In: GONÇALVES, J. C. S.; BODE, K. Edifício Ambiental. São Paulo: *Oficina de Textos*, 2015. p. 129-151.



The trivialization of the sustainability in the civil construction

Bruna De Biase Pinheiro

Pontifical Catholic University of Rio de Janeiro (PUC-Rio) and Braunschweig University of Technology, Department of Civil Engineering, Rio de Janeiro (RJ), Brazil

bruna.de.biase@hotmail.com

Jessica Marins Piazzarolo

Pontifical Catholic University of Rio de Janeiro (PUC-Rio) and Braunschweig University of Technology, Department of Civil Engineering, Rio de Janeiro (RJ), Brazil

jessica.piazzarollo@hotmail.com

ABSTRACT: This paper aims to develop a theoretical reflection about the trivialization of the sustainability concept, putting together conceptual interfaces and real cases of contemporary buildings that has improper application of the sustainability concept. The case study was based on the comparison between contemporary buildings certified by LEED and modernist buildings of the 50s, which were more efficient in the context of sustainability. According to this we added factors: political, the various definitions of sustainability without a consensus, and the decoupling of the real vocation of sustainable building, as well as how they are being applied.

Keywords *Civil Construction; Sustainability and LEED.*

1. INTRODUCTION

The Stockholm Conference in 1972 is the first attempt at rapprochement between human rights and the environment; at the time, the concept was called "Eco-Development" and later renamed "Sustainable Development". (Souza; Alencastro, p.1). What happened from there was a rapid growth in the number of NGOs, creation of activism such as Green parties, which began to influence politics, multiplication of transnational actors in the field of environment, environmentalism emergence as a new social movement and political opposition to the dominant structures (Gurski; Gonzaga; Tendolini quoted in Le Prestre, 2000).

In 1987 the United Nations conference created the World Commission on Environment and Development, which resulted in the famous "Brundtland Report, which says that "Humanity has the ability to achieve sustainable development, in other words to meet the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs ". (Nascimento cited Brundtland, 2012, p. 1).

In this way, concerned to promote sustainability, society, government and construction companies have articulated to aim economic growth and respect for the environment. The strategy to enable this growth is directly linked to building sustainable enterprises, which purposes, among other things the lowest impact and energy efficiency in buildings.

The idea that the current production and consumption mode leads to a disaster is increasingly accepted. "The fact that the economy is in conflict with the natural systems of the planet is evident and proven by the daily information about the disappearance of fishery areas, the reduction of forests, soil erosion ... and the disappearance of species" (Brown, 2003, p.14). In this same logic, the rising need for residential, commercial and industrial buildings caused the construction and all involved agents to realize directly or indirectly the significant impact due to scale, scope and influence of the buildings in relation to the environment, in many cases causing considerable impacts and other irreversible.

Many of these negative impacts are generated by the construction sector, which accounts for 40% of world energy consumption and 16% of water used in the world. According to data from the World Watch Institute, the construction of buildings consumes 40% of stones and sand used in the world each year, and is responsible for 25% of logging annually. It is natural that sustainability assumes gradually a position of increasing importance in this scenario. (Brazil Environment, Accessed: 03/2016)

Thus, craving the understanding of the concept of sustainability and sustainability in construction, we will analyze what happens with respect to the application of this concept by large developers and important government officials. The goal is to understand, from the major labels such as LEED analysis to what extent this fulfills its role in the area of sustainability. Focusing on understanding the trivialization of the concept of sustainability in construction, from the comparison with buildings from the 50's that today are more sustainable than those certified with sustainability seals in the XXI century.

2. SUSTAINABILITY CONCEPT

The main goal of sustainability is to recognize the needs of the present without affecting future generations that appears quite engaged with an emphasis on justice. This is seen as

a paradigm in that future policies should be based on. However, can the equitable use of natural resources, human and fair distribution of wealth among the current generation of people or efforts to do so be understood as a presumption for the widely used definition of sustainability? This principle could be in agreement, but the reality may be a different matter. (Huang, 2014)

It is pertinent to ask whether the three dimensions (economic, social and environmental) sustainability are sufficient, and what it means. The first dimension, environmental, assumes that the production and consumption model is compatible with the material basis on which rests the economy as a subsystem of the natural environment. It is therefore production and consumption to ensure that ecosystems can maintain their self-repair or resilience. (Nascimento, 2012, p. 2)

The second dimension, the economic, presupposes increased efficiency of production and consumption with increasing economy of natural resources, especially permissive resources such as fossil energy sources and the delicate and poorly distributed ones, such as water and minerals. This is what some refer to as eco-efficiency, which implies a continuous technological innovation that takes us out of the fossil energy cycle (coal, oil and gas) and expand the dematerialization of the economy. (Nascimento, 2012, p. 5)

The third and final dimension is social. A sustainable society assumes that all citizens have the minimum necessary for a dignified life and that nobody absorbs goods, natural resources and energy that are harmful to others. This means eradicating poverty and set the standard for acceptable inequality, defining minimum and maximum access to material goods. In short, to deploy the old and desirable social justice. (Nascimento, 2012, p.6)

According to the author (Pereira cited Heinberg, 2009, p.4), the use of the terms sustainable and sustainability is not feasible, because there are many possible definitions to characterize these two terms. What predominates, in fact, despite many theoretical efforts is lack of consensus on the meaning given to sustainability. The numerous definitions lead to the argument that sustainability is a concept devoid of meaning and with many meanings at the same time. In this sense, (Temple, 1992 1-28) stated that the massive use of the term means that it is many things and nothing at the same time, and that as a concept it is very broad, being useless. (Huang cited Pezzoli, 2014) says that today's literary scientists offer more than 100 definitions of the term sustainability or sustainable development.

3. SUSTAINABILITY CONCEPT IN CIVIL CONSTRUCTION

This movement emerged in the late 2000s and focuses on creating harmony between the final work, its construction process and the environment. Intended to avoid steps in each of unnecessary damage to the environment by optimizing construction processes, reducing the resulting residue, and reducing energy consumption of a building. It also has the objective that a building reaches a level of thermal comfort and proper air quality, thereby reducing the need to use artificial ventilation or heating (Construction Forum Accessed: 03/2016). Globally buildings are responsible for 25% to 40% of energy consumption and 30% to 40% of CO₂ emissions and the use of significant amounts of natural resources, such as extracted materials and mineral deposits (30%), water (20%) and space (10%). (LNEG, 2011).

Sustainable architecture design challenges the idea of a building as a work of art and comprises as part of the living habitat, closely linked to the site, the society, the climate, the region and the planet. It undertakes to disseminate ways to build with less environmental impact and higher social benefits without, however, being uneconomic. The development of an architectural project in the search for greater sustainability should consider the entire life cycle of the building, including its use, maintenance and recycling or demolition. (Construction Forum Accessed: 03/2016)

It is understood here as sustainable not only the environmental performance of products, but also social and environmental responsibility of the manufacturers. There is still much to develop. Among the points to be pursued are: the creation of methods of analysis of a product life cycle and of the building (to ensure expected performance), as well as a mechanism to inform the consumer of the environmental characteristics of products, of works and sustainable features of the projects. (Andrade; Ramacciotti, Simon, 2012, p.29)

4. FREE-RIDER

The free-rider discursive (applied to environmental issues) is an actor who, to express rhetorical support to sustainable development, enjoys the benefits of being "green" without actually being one. That is, they appropriate and benefits of symbolic goods without supporting their discourse by practical action and continues to be guided by individual/immediate interests (Fonseca; Bursztyn, 2007). This allows players to reproduce certain discourse and appear to practice it when, in fact, their daily practice is guided by special interests that often clash with the speech used as a rhetorical instrument. (Fonseca, Bursztyn, 2009, p 16-17).

The chances of a program or project be approved for funding agencies increase, as they express their membership, at least formally, the criteria of Good Governance Manual (MBG). The greater the number of elements of good governance questions list the project contains, the greater are your chances of being approved and funded, for "donors and international financial institutions are increasingly basing their aid and their loans with the condition that reforms are promoted to ensure good governance "(UNESCAP, 2009, translation by the authors).

The free-rider concept is proposed by (Olson, 1999) to explain why, in the logic of collective action, it is not enough for individuals to be aware of their own interests and favorable to the acquisition of collective benefits for them to mobilize in search of such benefits. When the group is large and the benefit is too general, the action of a single individual has little impact on the action, either favorable or contrary to the acquisition of collective benefit.

5. CERTIFICATIONS

A set of actions that supported the development of sustainability in construction were environmental certifications for buildings, as shown by some examples cited in Figure 01, which determine parameters for assessing the environmental impact of buildings both in their construction and in use. Many countries have developed their own methodologies, aiming to support the action of the construction companies in their markets. By 2011, about 32,000 certificates had been issued in the world. Both environmental assessment initiatives

buildings have good design and management guidelines. (Andrade; Ramacciotti, Simon, 2012, p.28)

The maturation of these evaluations is demonstrated by the development of methodologies for residential buildings and housing developments. This expands the view that sustainable construction should cover all types of works, in addition to considering other requirements of energy efficiency, and insert social aspects in his assessment. Thus, the concept of a green building is expanded to a sustainable building. (Andrade; Ramacciotti, Simon, 2012, p.29)

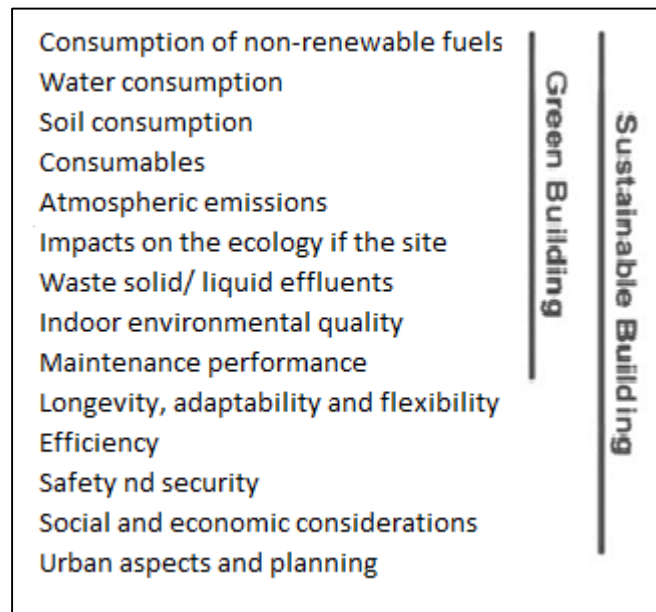


Figure 1. Options: design / green and sustainable construction. Source: Andrade; Ramacciotti, Simon, 2012

There are three types of Environmental Labelling, according to (Duarte, 2011, p.12):

- Ecological labels - "stamp" that indicates that a product or service meets certain environmental requirements based on their life cycle, directed to the final consumer.
- Self-statements- developed by manufacturers, importers or distributors to communicate information on the environmental aspects of its products or services without being subject to external verification, directed to the final consumer. Ex. Indication emissions of VOC.
- Environmental Statements of Product EPD - more complex and are aimed at the professional public (public or private). Not They do not necessarily mean that the product is environmentally superior, but show that the supplier has a good knowledge of the environmental aspects and impacts. The primary objective of sustainable construction is the implementation of a sustainable building, as shown in Figure 02, this shall include the three dimensions of sustainability: environmental, economic and socio-environmental.

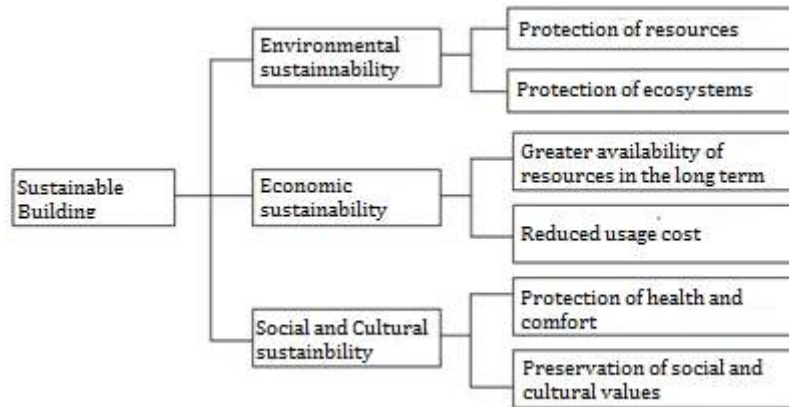


Figure 2. Definition of a sustainable building. Source: Pereira, 2009

6. CASE STUDY

The efficiency of allegedly sustainable buildings is questioned, because they proved, through assessments, much less sustainable in the post-occupation than its proponents have claimed. In response, the city of New York began requiring by law the disclosure of the actual performance of some buildings, which led to even lower results in sustainability performance. (Mehaffy; Salingeros, 2013)

The program uses a point system based on a wide list of features for buildings that can be certified by accumulating points on not only energy efficiency, but also on water conservation, proximity to public transportation, indoor air quality and use of environmentally friendly materials. Another problem is that certification is based on energy modeling to predict the amount that a building uses. However, Council officials and many experts agree that such models are inexact. Once a building is open it can use more energy than was predicted by the project. And the way how a building is used - how many occupants it has, for example - affects its energy consumption (Navarroaug, 2009). Other reasons for failure: Widespread use of glass curtain; expanding wall; deep design plan, no building is an island and architectural treatment of buildings in isolation from the urban context. (Navarroaug, 2009) and (Mehaffy; Salingeros, 2013):

Although Henry Gifford is not an engineer, he is respected in the energy efficiency of the cycle due to their technical knowledge. According to Henry LEED sealed the buildings which used 29% more energy than conventional buildings. This statement in his article came to the US Green Building Council which has made the LEED change a lot since then. Still, Henry filed a class of \$ 100 million, against the USGBC, alleging fraud, unfair competition, deceptive trade practices, false advertising, wire fraud and unjust enrichment. "No one hires me to fix their buildings" - Henry Gifford (Alter, 2010)

Environmental lawyer Shari Shapiro in *Law Green Building* describes the process in simple language: The allegations are essentially fraud and false advertising, an unreliable claim. His theory is that the USGBC falsely claimed that its rating system makes buildings more economical, and for this reason the owners could pay more for certified buildings, and that professionals have obtained worthless professional credentials, and people in general, have been deceived by LEED. (Alter, 2010)



Figure 3. Anara Tower, Dubai. Source: e-architect.co.uk/dubai/anara-tower Access: 4/2016

Another case of unsustainability and design conceptually incompatible with the concept of sustainability is The Anara Tower, which was planned to be one of the tallest buildings in Dubai, and an icon of sustainability. Despite its facade of glass facing west, high embodied energy in the materials, and, interestingly, a non-functional giant wind turbine. Sustainable building for the consumer cost real sustainability. It was not built. (Mehaffy; Salingeros, 2013)



Figure 4. 7 World Trade Center. Source: som.com/projects/7_world_trade_center Access: 4/2016

In return, 7 World Trade Center tenants (Figure 4), trumpeted its gold LEED rating, an emblem of environmental citizenship SOM office, over the last six years. However, when it comes to energy efficiency, the new 52-story tower is far from being an example of performance, according to data released under a municipal law governing the use of energy in New York buildings. The building had a score of 74, just below the minimum of 75, referring to the set of high efficiency by the federal Energy Star program of the Environmental Protection Agency buildings. (Mireya Navarroug, 2012)

On the other hand, the MetLife building built in 1963 that features a large central terminal scored 39. However, the Seagram Building in 1958, masterpiece of architect Mies van der Rohe, on Park Avenue was awarded score 3. Older buildings tend to have higher Energy Star scores, because they have thicker walls, fewer windows and less ventilation - superior "thermal envelope" as a report on the first results. (Mireya Navarroaug, 2012)

"The stakes are considerable. Unlike cities that rely heavily on automobiles, New York has carbon dioxide emissions - almost 80 per cent - regarding the heating and cooling of buildings. According to this demand of energy it is crucial to fulfill the goal that the city has to cut global emissions by about a third by 2030, reducing costs and combating climate change." (Navarro, 2012)

The largest buildings in New York - there are only 2 percent of the nearly one million buildings in the city - account for 45 percent of the energy used throughout the building stock. "On the other hand, two venerable buildings of the 1930s, the Chrysler Building and the Empire State, respectively hit the notes 84 and 80, the result of extensive upgrading of their insulation and mechanical systems." (Navarroaug, 2012)

7. SUSTAINABILITY OF THE BUSINESS LOOK

To (Palestrini, 1980), "from the beginning of the twentieth century, mankind has changed the world dramatically." "The industrial and agricultural growth, technological innovation, consumption of goods and resources, all have deeply interfered in nature conditions" (Gavazzoni, 2015). Thereby causing the producing of environmental impact as an inherent need and social commitment and ethical justification. Organizations are sustainable when they serve the interests of their owners and also of society. The performance of individuals stems from their personal beliefs and values, which require limits determined by the beliefs and values of society. (Fenker, undated)

Ethics and the laws created by man is what dictates, ultimately, the limits of their performance. Sustainability proposed today has to do with a new model of business management. The main challenge of sustainability, and greater focus of resistance from the executive, is the commitment to the long term. It turns out that as well as quality management, which was once synonymous with competitive advantage and is now a staple in industry, sustainability management is an inevitable way. Therefore, the more companies postpone its implementation, more expensive and more complex it will be in the future (Gavazzoni, 2015).

However, the general trend of sustainable development of most countries is well revealed. The difference is, in each country, in the attitudes of governments, companies, institutions and citizens to meet the challenges of sustainable development. To increase the sustainability index for Brazil, it is necessary to increase their participation in international cooperation and projects related to environmental issues. (Mikhailova, 2004)

8. CONCLUSION

This article realized that nowadays, although the sustainability concept is constantly debatable their applicability, in some cases, is not as efficient as expected. What really is expressive, in large part, is the need that the contemporary buildings have to be always "the

most" in a way, seek to draw more attention through the design, or your height than actually seek to play the role. The wrong interpretation of the sustainable concept meaning add power to the income's divergence, as well as the lack of a truly effective system of sustainability seals, generate the illusion that the building is when in fact it is not sustainable. In this way, it becomes evident the need for a review regarding the LEED certifications already issued.

The sustainable building concept, even before be analyzed on its real applicability, must be understood first of all, by the people who will dwell, which has as much responsibility as the designer and the entire chain that the conceived. In fact, to achieve a high income and thus the building be considered sustainable, the work must happen together, from the actions of the users of the building. In this way, the aim is to incentive a sense of ownership of the inhabitants, the building has the ability to communicate on a daily basis, showing (for example in the elevators) data on consumption and expenditure, daily goals and monthly energy, water, etc. In this way, it is understood that the exposure of these data, by means of technological resources, encourages awareness and even recovery among users with regard to the waste. Thus, the implementation of the 5R's (rethink, reduce, reuse, refuse and recycle) will occur naturally within each individual present there or passing through expanding including the city scale.

REFERENCES

- Andrade, R. & Ramacciotti, R. & Simão, P. 2012. Green building: development with sustainability.p. 28-29.
- Barrett, C. 1996. Fairness, stewardship and sustainable development. Department of Economics: (Páginas).
- Brown, L. R. 2003. Éco-économie, une autre Croissance est Possible, Écologique et Durable: (Páginas).
- Duarte, A. 2011. Sustainable construction: opportunities and best practices. p.12.
- Fenker, E. *Environmental impact and environmental damage*. (UFRGS/BACEN);
- Fonseca, I. & Bursztyn, M. 2007. Merchants of morality: the environmentalist rhetoric and practice of sustainable development. *Environment and society*: v. 10, n. 2, 169-186.
- Fonseca, I. & Bursztyn, M. 2009. The trivialization of sustainability: reflections on environmental governance in local scale. p. 16-17.
- Gurski, B. & Gonzaga, R. & Tendolini, P. Stockholm Conference a milestone in environmental issues. (Páginas)
- Huang, G. 2014. *A Re-Visit to the Concept of Sustainability*. Graduate School of Global Environmental Studies, Sophia University. (Páginas 1)
- Mehaffy, M. & Salingaros, N. 2013. Why green often isn't.(páginas 1)
- Mehaffy, M. & Salingaros, N. 2009. Some buildings not living up to Green Label. (páginas 1)
- Mikhailova, I. 2004. Sustainability: evolution of the theoretical concepts and practical measurement problems. (páginas 1)
- Navarro, M. 2012. City's Law Tracking Energy Use Yields Some Surprises. New York Times. (Páginas 1)
- Birth, and. 2012. Path of sustainability: the environmental social, economic social.P. 1-6.
- Olson, M. 1999The logic of collective action: public benefits and a theory of social groups. Pereira P. 2009. Sustainable construction: the challenge. p. 4.
- Souza, F. & Alencastro, M. Sustainable development: reality or utopia?. p. 1.
- Temple, S. 1992. Old issue, new urgency? Wisconsin Environmental Dimension, Madison: v.1, Issue 1, 1-28.
- UNITED NATIONS. ECONOMIC AND SOCIAL COMMISSION FOR ASIA AND THE PACIFIC (Unescap). What is Good Governance? [s.d.] Disponível em: <http://www.unescap.org/pdd/prs/ProjectActivities/Ongoing/gg/governance.asp>>. Acessado em: 03/2016.
- THE CONSTRUCTION FORUM. How what, sustainable Architecture? [s.d.] Disponível em: <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=23&Cod=1818> Acessado em: 3/2016

ENVIRONMENTS ENVIRONMENTS. Sustainable building concept [s.d.] Disponível em:
http://ambientes.ambientebrasil.com.br/arquitetura/construcoes_verdes/conceito_de_construcao_sustentavel.html Acessado em: 3/2016

EMPORIUM. Development and sustainability. [s.d.] Disponível em:
<http://emporiiodireito.com.br/sustentavel/> Por Antonio Marcos Gavazzoni Acessado em:
13/02/2015



Indicadores de desempenho ambiental de edificações: revisão da literatura

Eduardo Werneck Senger

*Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil,
Ambiente Construído e Gestão, Curitiba, Paraná, Brasil*
eduardowsenger@hotmail.com

Sérgio Fernando Tavares

*Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil,
Ambiente Construído e Gestão, Curitiba, Paraná, Brasil*
sergioft22@yahoo.com.br

RESUMO: O setor da construção civil tem mostrado um crescente interesse por técnicas construtivas que reduzam a quantidade de atividades necessárias no canteiro de obras e que proporcionem ganhos de produtividade. Métodos como modularização, panelização, pré-fabricação de componentes, bem como novas tecnologias aplicadas no próprio canteiro, são alguns exemplos de alternativas para estes fins. Também denominadas Métodos Modernos de Construção (MMC), estas tecnologias também são, muitas vezes, apresentadas como opções para atingir altos patamares de desempenho ambiental. O estudo que segue tem como objetivo apresentar, por meio de revisão bibliográfica, artigos que estudem indicadores de desempenho ambiental para Métodos Modernos de Construção e estabeleçam comparações com os métodos tradicionais durante a fase de construção. Foram revisados sete artigos e os indicadores / métodos de análise ambiental pesquisados são: Análise do ciclo de vida; Carbono Incorporado; Energia incorporada; Desperdício de materiais e geração de resíduos; Energia; Emissão de gases do efeito estufa. Todos os artigos selecionados utilizam um empreendimento real base para suas simulações. Entretanto, apenas parte destes estudos foi realizada em conjunto com a execução da obra base, com dados reais e investigações in loco combinadas com verificações literais. Os demais artigos contam com abordagem bibliográfica, coleta de informações pós-obra e simulações computacionais. A comparação entre os resultados é dividida em redução de desperdício e emissões. Em linhas gerais, houve redução significativa na geração de entulho, bem como na maioria dos materiais utilizados, além de reduções na energia embutida, de operação e consequente emissão de gases do efeito estufa (GEE).

Palavras chave *Métodos Modernos de Construção, Desempenho Ambiental, Energia Embutida, Análise do Ciclo de Vida, Resíduos.*

1. INTRODUÇÃO

Como alternativa para aumento de produtividade, qualidade e sustentabilidade, novos métodos construtivos vêm sendo desenvolvidos. O termo Métodos Modernos de Construção, descreve uma série de inovações em tecnologias construtivas que, em sua grande maioria, são realizadas em instalações fabris fora do canteiro (Rahman 2014; WRAP 2007; Pan et al. 2007).

Definida pela ABNT NBR ISO 14040:2009 como uma técnica para avaliar os aspectos e impactos ambientais associados à um produto ao longo de sua vida, a Análise do Ciclo de Vida (ACV) é uma ferramenta poderosa para a análise da performance ambiental de edificações. Contudo, requerem tempo e recursos extensivos, criando assim uma barreira para ambientes dinâmicos e que em muitas situações necessitam de uma resposta rápida (Cherubini & Ribeiro 2015). Ainda no estudo citado, é feita uma análise das barreiras existentes ao uso de ACV comuns ao Brasil e à União Europeia, as quais podem estar ligadas às próprias limitações e aspectos metodológicos da ACV, à escassez de base de dados e às características das empresas, órgãos públicos, entidades, etc.

Uma alternativa à ACV é a Análise do Ciclo de Vida Energético (ACVE), que relaciona os impactos ambientais ao longo do ciclo de vida aos gastos energéticos de cada insumo. Para calcular toda a energia do ciclo, deve-se considerar a energia do processo produtivo, da operação e da demolição (Ramesh et al. 2010). Na fase pré-operacional, ou seja, durante o processo produtivo, são determinadas as energias incorporadas, tanto nos insumos utilizados quanto no transporte. Esta parcela de energia, também denominada de Energia, corresponde ao somatório de todas as energias embutidas em cada insumo necessário à construção (Silva 2012). Baird (1997) apresenta quatro métodos de análise energética para aplicação aos materiais de construção: análise estatística, de processo, input-output e híbrida.

A partir da análise energética, podem-se estabelecer relações com outros fatores com alto potencial de impacto ambiental, como carbono embutido e outros gases do efeito estufa. Em sua tese, Alcorn (2010), fez análises híbridas tanto da energia quanto do carbono embutido em diversos materiais de construção voltados para o setor de construção civil da Nova Zelândia.

Estudos que investigam os impactos ambientais relacionados às edificações pré-fabricadas são recentes. Cao et al. (2015) pondera algumas limitações comuns à estes estudos: (a) a coleta dados é resultado de revisões bibliográficas, questionários e/ou entrevistas. Em contrapartida, são poucos os estudos que coletam dados no longo prazo, por acompanhamento em canteiro em paralelo com o desenvolvimento da obra; (b) Limitam o escopo de avaliação ao canteiro de obras, desconsiderando os impactos ambientais decorrentes do processo de pré-fabricação; (c) Focam em um único indicador ambiental.

A construção civil brasileira é responsável pela geração de aproximadamente 31 toneladas de resíduos por ano (IPEA 2012). Uma estratégia para reduzir este desperdício, é o Projeto para Minimização de Resíduos (WMD – *Waste Minimization Design*), que é caracterizado por considerações feitas durante a fase de projeto de um empreendimento que visem à redução de desperdícios, por exemplo: fôrmas metálicas; componentes pré-fabricados; projetos modulares; projeto para reciclagem de material (Wang et al. 2015).

O objetivo deste estudo é identificar se há redução do impacto ambiental durante a etapa de construção ao adotar MMCs em relação aos métodos construtivos tradicionais, ou seja, estruturas em concreto armado lançado in loco. Para isso, será apresentada uma revisão sistemática de artigos que comparem, por meio de estudo de caso, os impactos ambientais de ambos os métodos construtivos.

2. METODOLOGIA

A fim de manter a imparcialidade na busca de artigos criaram-se critérios fixos e variáveis de pesquisa, a saber:

- Critérios fixos: Os artigos foram pesquisados no canal de busca da editora Elsevier (*Science Direct*) e, das vinte e oito ciências disponíveis para pesquisa, foram selecionadas sete: *Decision Sciences; Design; Economics, Econometrics and Science; Energy; Engineering; Environmental Science; Material Science*. As pesquisas se limitaram à jornais e aos primeiros vinte e cinco resultados de cada busca, ordenados por relevância. Não houve restrição quanto ao ano de publicação. Por fim, os artigos deveriam apresentar estudos de caso comparativos entre impactos ambientais de edificações que utilizassem Métodos Modernos de Construção e métodos tradicionais.

- Critérios variáveis: estes critérios definiram as busca, realizadas nos tópicos (Resumo, Título e Palavras Chave), e são relacionados aos seis indicadores ambientais / métodos de análise ambiental pesquisados: (1) *Waste*; (2) *Life Cycle*; (3) *Emergy*; (4) *Embodied energy*; (5) *Greenhouse*; (6) *Embodied carbon*, e aos quatro identificadores chave para métodos construtivos: (1) *Modern Methods of Construction*; (2) *Offsite Construction*; (3) *Modular Construction*; (4) *Prefabricate Construction*; totalizando vinte e quatro combinações.

Após pré-seleção baseada em informações do título, fez-se uma leitura do resumo e do texto na íntegra. Os resultados das buscas são apresentados na Tabela 1 e as informações sobre os artigos selecionados estão na Tabela 2.

Tabela 1. Resultados das buscas

Total de resultados	Artigos pré-selecionados	Artigos selecionados pós-leitura
95	11	7

Tabela 2. Informações básicas sobre os artigos selecionados

Artigo - Título	Autor (es)	Ano
1 - <i>A comparative study of environmental performance between prefabricated and traditional residential buildings in China</i>	Cao, X.; Li, X.; Zhu, Y.; Zhang, Z.	2015
2 - <i>An embodied carbon and energy analysis of modern methods of construction in housing: A case study using a lifecycle assessment framework</i>	Monahan, J.; Powell, J.C.	2010
3 - <i>Comparative study of greenhouse gas emissions between off-site prefabrication and conventional construction methods: Two case studies of residential projects</i>	Mao, C.; Shen, Q.; Shena, L.; Tang, L.	2013
4 - <i>Identifying best design strategies for construction waste minimization</i>	Wang, J.; Li, Z.; Tam, V. W. Y.	2014
5 - <i>Life cycle design and prefabrication in buildings: A review and case studies in Hong Kong</i>	Jaillon, L.; Poon, C. S.	2013
6 - <i>Life cycle greenhouse gas emissions and energy analysis of prefabricated reusable building modules</i>	Aye, L.; Ngo, T.; Crawford, R.H.; Gammampila, R.; Mendis, P.	2011
7 - <i>Measuring the impact of prefabrication on construction waste reduction: An empirical study in China</i>	Li, Z.; Shen, G. Q.; Alshawi, M.	2014

Os próximos itens apresentam um breve resumo dos estudos e reúnem os resultados encontrados, considerações adotadas, possíveis limitações, pontos fortes e abordagens que por ventura não tenham ficado claras aos olhos do autor. Por fim, na análise dos resultados, foram destacados três grupos de indicadores: resíduos da construção; materiais utilizados; energia embutida, carbono embutido e emissões.

3. ANÁLISE DOS ARTIGOS SELECIONADOS

- Artigo 1: Trata-se de um estudo comparativo entre duas edificações residenciais situadas na China, uma executada com paredes pré-fabricadas em concreto, representando 38% do volume total de concreto em elementos pré-fabricados, e a outra com paredes em concreto lançado *in loco*. Os dados foram coletados concorrentemente à evolução da obra.

As edificações possuem plantas arquitetônicas praticamente idênticas e estão localizadas em terrenos adjacentes, mantendo assim os mesmos impactos de transporte e peculiaridades do terreno, além de reduzir a incidência de diferenças subjetivas entre as análises em canteiro. Ambas foram construídas e projetadas pelas mesmas empresas e utilizaram o mesmo maquinário. A ACV foi realizada por meio de modelo híbrido, com escopo definido entre a obtenção da matéria prima até a montagem em canteiro. A coleta de dados foi definida após análise de conteúdo (projetos, documentos...) e entrevistas. Foram coletados dados dos materiais, equipamentos e resíduos sólidos de quatro fontes distintas: planta de pré-fabricação; concreteira; ambos os canteiros de obra.

- Artigo 2: Este artigo apresenta comparativo entre o carbono incorporado em uma residência de baixo padrão e baixo consumo energético, situada no Reino Unido. Três cenários para ACV do berço à construção foram modelados: (1) painéis modulares em estrutura de madeira e materiais de isolamento fabricados fora do canteiro; (2) Similar ao primeiro cenário, mas substitui o revestimento em madeira nos painéis estruturados por tijolos aparentes; (3) Construção em alvenaria tradicional; Em todos os cenários a infraestrutura, piso e cobertura foram considerados com métodos tradicionais.

O estudo considera que os acabamentos internos e acessórios são os mesmos em todos os cenários. Os autores desconsideraram a infraestrutura requerida para a produção dos painéis modulares, tais como estradas, fábricas, depósitos, maquinário e atividades operacionais associadas à administração e à força de trabalho.

O inventário de materiais e insumos foi realizado com informações coletadas com envolvidos no projeto original e com a empresa de painéis pré-fabricados. No entanto, alguns dados não estavam disponíveis ou não foram repassados pela empresa por quesitos de confidencialidade comercial e foram completados com informações da literatura ou com “melhores suposições” (*Best guesses*). Não houve registro dos resíduos gerados durante a construção, de modo que se fez uma estimativa baseada na literatura. Consumos de energia foram extraídos de recibos e não puderam ser associados a cada atividade.

- Artigo 3: Neste estudo são comparados dois casos de projetos realizados na China, sendo um em construção tradicional e outro similar, mas com 10.5% do volume total de concreto. Ambos os complexos residenciais possuem características arquitetônicas similares, mas como sua área total construída é distinta, criou-se um novo projeto fictício, uma adaptação para que obtivessem áreas construídas iguais e uma mesma base de

comparação. Comparou-se as emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE) e os autores definiram o escopo de cálculo em emissões de GEE: (1) embutidas em materiais, (2) por combustíveis durante os transportes associados à construção, (3) por recursos e consumo de energia com a operação de equipamentos e técnicas construtivas.

Foi adotada uma análise de processos para a investigação, sem considerar os GEE da operação e demolição por serem similares. Também desconsideraram as emissões relacionadas ao transporte dos trabalhadores ao canteiro, uma vez que no contexto Chinês, a maioria dos trabalhadores mora no canteiro. Uma vez que as empresas responsáveis pelo gerenciamento de ambos os projetos eram similarmente reconhecidas pelo governo, os autores negligenciaram possíveis diferenças nas quantidades de material utilizado na construção dos projetos. Uma das construções foi acompanhada durante toda sua execução por meio de investigações em canteiro e análises de relatórios periódicos, quantitativos de materiais e entrevista com envolvidos nos projetos. Detalhes sobre o entulho gerado em canteiro não estavam disponíveis e foram levantados empregando-se coeficientes de desperdício para cada material. Os valores obtidos foram convertidos por m^2 construído e aplicados para o segundo projeto, tomando-se o devido cuidado com variáveis relacionadas à pré-fabricação. Os cálculos de emissões de GEE foram realizados considerando CO_2 , CH_4 e N_2O , seguidos da conversão para CO_2 equivalente.

- Artigo 4: Com abordagem distinta dos estudos passados, os autores desenvolveram um modelo dinâmico para avaliação dos impactos gerados por diferentes estratégias de gerenciamento de resíduos. O objeto de estudo é um empreendimento com aproximadamente $180,000 m^2$ construídos em uma área com $34,000 m^3$ situada na China. A coleta de dados sobre o empreendimento foi principalmente baseada em entrevistas informais com envolvidos no projeto. Complementarmente, elaborou-se um questionário para identificar as principais estratégias de projeto para minimização de resíduos e precedeu-se à validação do modelo por meio de testes computacionais.

A fim de entender o efeito de diferentes estratégias de projeto sobre a minimização dos resíduos foram criados três cenários fictícios para comparação com o empreendimento base: (1) componentes pré-fabricados; (2) modificação de projeto; (3) investimentos em redução de resíduos. Para cada cenário, foi considerado um cenário base e outros dois com maior adoção do método em questão, totalizando 9 cenários distintos que relacionam o índice de adoção do método de redução de resíduos com as demais variáveis do sistema. Uma vez que as obras são sistemas complexos altamente dinâmicos, outros três cenários foram criados para analisar a interação entre as medidas de minimização dos resíduos avaliadas. Notou-se que ao combinar mais de uma estratégia de minimização de resíduos, o resultado não é o mesmo que a soma dos resultados obtidos em verificações pontuais.

- Artigo 5: Este artigo apresenta uma revisão bibliográfica sobre projeto para desconstrução (DfD) e sistemas construtivos industrializados, flexíveis e desmontáveis (IFD). Em complemento, conta com estudos de caso de duas edificações institucionais localizadas na China. Apesar de distintos, os projetos apresentam arquitetura similar com 47 e 40% do volume concretado em elementos pré-fabricados.

A coleta de dados foi qualitativa e quantitativa, através de entrevistas e questionários com os envolvidos, análise de relatórios e documentos, bem como investigações em canteiro e na indústria em diferentes estágios da obra. Contudo, a apresentação de resultados do

trabalho foca em dados qualitativos como a satisfação, as desvantagens e vantagens percebidas pelos envolvidos nos projetos.

- Artigo 6: Estudo baseado em uma ACV de uma edificação multirresidencial localizada na Austrália. Por meio de uma análise energética híbrida, avaliaram-se as emissões de GEE para construção e operação desta mesma edificação em três cenários distintos: elementos modulares pré-fabricados em aço; elementos modulares pré-fabricados em madeira; construção tradicional em concreto.

Dados para a energia de manufatura foram coletados da base de dados do SimaPro e não há informação sobre a coleta de dados para a edificação existente, deixando algumas questões em aberto: o quantitativo de materiais foi estimado ou coletado por relatórios e/ou acompanhamento da obra? Foi considerada a geração de resíduos para o cálculo das emissões? Quais foram os consumos considerados para o cálculo da energia operacional?

- Artigo 7: Este estudo possui diversas características comuns com o Artigo 4, como o empreendimento de estudo, os critérios de pontuação para os formulários de pesquisa, a adoção de um modelo dinâmico e sua validação, inclusive um dos autores. Os dados foram coletados de dois canais principais: publicações, relatórios do governo e páginas da web; pesquisa em canteiro.

As simulações rodadas pelos autores relacionam políticas de incentivo com indicadores de WAP (pré-disposição para adotar pré-fabricação), geração de resíduos, entre outros. Dentre os três cenários simulados, um considerou subsídio por m² para a adoção de pré-fabricação, outro para benefícios fiscais e, por último uma combinação entre ambos. Analogamente ao estudo anteriormente citado, a verificação conjunta de políticas de incentivo tem resultados distintos que a soma das análises de apenas uma variável. A alteração nos índices de pré-fabricação no modelo exercem influência sobre a redução da geração de resíduos.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a análise que segue, é importante ressaltar que cada projeto possui percentuais distintos de pré-fabricação, bem como sistemas construtivos distintos e peculiaridades inerentes a cada projeto. As comparações e análises aqui apresentadas buscam relacionar artigos através de um indicador comum. Em alguns casos, o leitor irá se deparar com mais de uma tabela comparativa para um mesmo indicador. Constataram-se vários fatores que podem limitar ou dificultar a criação de pesos e medidas comparáveis: (a) Diferenças regionais como mão de obra, maquinário, políticas e matriz energética; (b) Diferenças no modelo de investigação e escopo; (c) Projetos únicos com usos específicos; (d) Métodos construtivos distintos criam barreiras comparativas. Sistemas em madeira podem reduzir a quantidade de concreto de maneira mais significativa que pré-fabricação em elementos de concreto; (e) Percentual de componentes pré-fabricados raramente é o mesmo.

4.1 Resíduos da construção

Os resíduos da construção foram relacionados em todos os artigos revisados. O Artigo 6 foi o único que não apresentou bases quantitativas para comparação e o Artigo 2 fez suas estimativas baseadas em revisões bibliográficas, com poucas informações sobre práticas

do canteiro. Os autores reconhecem que a análise detalhada deste item precisaria de dados mais precisos. Contudo, foi possível identificar que no processo de pré-fabricação, boa parte dos resíduos gerados podem ser reaproveitados. Os resultados dos artigos possuem unidades e/ou insumos divergentes, portanto, três tabelas serão mostradas.

A Tabela 3 lista os percentuais de redução encontrados nos Artigos 1, 3 e 5, obtidos por meio de comparação entre as edificações com métodos tradicionais e modernos. O primeiro artigo considera reduções de 36.54%, 24.91% e 81.25% em resíduos de aço, concreto e argamassas, respectivamente. O Artigo 3 aplica fatores distintos para aço, concreto, cimento, areia, blocos e vidro, mas o resultado está listado em valor global por toneladas, totalizando 10% de redução. O Artigo 5 identifica uma redução de 65% no total de resíduos gerados. Tal valor, significativamente mais expressivo, pode estar relacionado à porcentagem superior de pré-fabricação dos empreendimentos, 40% e 47% (em volume de concreto), enquanto os Artigos 1 e 3 possuem 38% e 10.5%, respectivamente.

Tabela 3. % de redução de resíduos - Artigos 1, 3 e 5

Artigo	% de pré-fabricação em volume de concreto	Aço	Concreto	Argamassa	Geral
		(kg/m ²)	(m ³ /m ²)	(kg/m ²)	(ton)
1	38%	36.54%	24.91%	81.25%	-
3	10.50%	-	-	-	10%
5	40-47%	-	-	-	65%

A Tabela 4 contém os resultados extraídos das simulações computacionais utilizando o software proposto pelos autores do Artigo 4. Percebe-se que quanto maior o índice de adoção de elementos pré-fabricados, maior a redução de desperdício. Um índice de 50 (escala de 0 a 100) quando comparado com um índice base de 5.6 representa um aumento de 35% na redução dos resíduos, ao passo que um índice de 75 representa um aumento de 61.63% na redução de resíduos.

Tabela 4. Redução de resíduos em toneladas - Artigo 4

Artigo	Obs:	Alvenaria	Madeira	Metal	Concreto	Argamassa	Geral
		(ton)	(ton)	(ton)	(ton)	(ton)	(ton)
4	Índice de adoção de pré-fabricação = 5.6	28	78	46	217	21	391
	Índice de adoção de pré-fabricação = 50	35	103	56	308	27	529
	Índice de adoção de pré-fabricação = 75	41	119	64	375	33	632

Por fim, o Artigo 7 faz análises com um modelo dinâmico similar adotado no Artigo 4. Os cenários denominados PSA, PSB e PSC calculam a redução do total de resíduos gerados ao variar políticas de subsídio por m² construído, benefícios fiscais e a combinação de ambos, respectivamente. Novamente, quanto maior o total de pré-fabricação, menor a geração de resíduos, vide Tabela 5.

Tabela 5. Redução de resíduos em toneladas x adoção de pré-fabricados - Artigo 7

Artigo	Cenário	Incentivo	Pré-disposição para adotar pré-fabricação - WAP	Redução total de resíduos - TCWR
				(t)
7	PSA1	40 Yuan/m ²	7.43	27.9
	PSA2	60 Yuan/m ²	8.91	63.13
	PSB1	15%	6.08	19.54
	PSB2	30%	6.08	19.72
	PSC (PSA2 + PSB2)	40 Yuan/m ² + 30% (benefícios fiscais)	10.24	66.27

4.2 Materiais utilizados

Apenas parte dos artigos apresenta resultados para as variações de quantidades de cada material empregado na construção e, ainda assim, poucos enfatizam e apresentam resultados detalhados sobre o assunto. Dentre os artigos que quantificaram alguma redução estão os Artigos 1, 3, 5 e 6, sendo que o Artigo 5 comenta brevemente sobre a redução no uso de madeira em 6.81 kg/m².

Ao examinar a Tabela , nota-se que o modelo em aço proposto no Artigo 6 possui uma redução expressiva no consumo e materiais em massa, uma vez que a construção em aço é muito leve quando comparada com sistemas tradicionais. Já a análise comparativa entre os estudos Chineses 1 e 3, percebe-se que em ambos houve maior consumo de concreto, pois na edificação pré-fabricada foi adotada fachada em concreto em vez de blocos (Art. 3) e técnicas “sanduíche” para as paredes externas (Art. 2). O acréscimo no consumo de aço para o Artigo 3 é justificado por padrões de projeto para os painéis, que exigiam muitas barras e conexões metálicas. O comparativo no consumo de aço ficou neutro para o Artigo 1, uma vez que a utilização de formas metálicas *in loco* foi transferida para a indústria. Ambos os estudos atribuíram a redução do consumo d’água à cura do concreto, que na indústria é feita de forma controlada ou com cura a vapor. A redução expressiva do consumo de argamassa do Artigo 1 está relacionada a particularidades construtivas do projeto que foram desnecessárias na edificação pré-fabricada. A redução de madeira é atribuída à substituição das formas para concreto. Por fim, a redução da alvenaria no Artigo 3 se deve à substituição das paredes externas por painéis pré-fabricados.

Tabela . Redução no consumo de materiais

Art.	Obs:	Concreto	Água	Madeira	Alvenaria	Aço	Areia	Cimento	Argamassa	Geral
		% em Volume			% em massa					
1	Pré-fab. de componentes em concreto (38% do vol.)	-10.81	25.68	70.93	-	0.91	-	-	83.46	-
3	Pré-fab. de componentes em concreto (10.5% do vol.)	-3.93	8.64	-	17.70	-6.73	13.21	12.66	-	-
6	Pré-fab. em aço	-	-	-	-	-	-	-	-	50.7

4.3 Energia embutida, carbono embutido e emissões

Exceto pelos Artigos 4, 5 e 7, todos fizeram uma análise minuciosa de algum destes indicadores.

O Artigo 1 considerou energia proveniente de três fontes de combustível, apresentou os resultados para cada um e os converteu em equivalente carvão, concluindo em uma redução de 18.10% no consumo. Os maiores influenciadores nas reduções no consumo de eletricidade e diesel foram as reduções na utilização de transporte vertical em obra e no uso de bombas para concretagem, respectivamente. Por meio da ACV foi possível traçar o perfil ambiental de ambas as edificações comparadas e listar os percentuais de redução de emissões conforme Tabela 6.

A análise feita no Artigo 2 concluiu que 82% do carbono incorporado na fase pré-operacional está embutido nos materiais empregados na construção (exceto resíduos de construção). Dentre as duas simulações realizadas e o estudo de caso real, os autores

identificaram uma redução expressiva de 51% no total de carbono incorporado e de 34.87% no consumo de energia primária. Estes valores são para a comparação entre os cenários 1 e 3. A maior parte deste acréscimo é atribuída às diferenças no material das paredes e no volume necessário para que as fundações suportassem uma carga maior.

Para os três GEE verificados no Artigo 3, houve uma redução de 3.2% no CO₂ equivalente. Curiosamente, o estudo mostrou que as emissões decorrentes do transporte foram menores para o empreendimento com elementos pré-fabricados, pois apesar do impacto gerado com as entregas de componentes, praticamente não houve transporte de entulhos, uma vez que estes eram, em sua maioria, reutilizados na planta industrial, além de que a distância entre planta e canteiro era pequena.

Por fim, o Artigo 6 mostrou que a energia embutida somada a energia decorrente da construção de uma edificação em elementos pré-fabricados de aço e outra de madeira é muito maior. Para o projeto considerando elementos pré-fabricados em aço o acréscimo chega próximo a 50% da energia total (Tab. 7).

Tabela 6. Relação de emissões, energia embutidas e totais

Art.	EMISSÕES - Carbono embutido e GEE									ENERGIA			
	CO ₂	SO ₂	CH ₄	N _{ox}	CO	COD	SS	HCl	HC	Energia primária	Diesel	Carvão	Equivalente Carvão
	% em massa									% GJ/m ²	% MJ/m ²	% kg/m ²	% kg _{eq} SCE/m ²
1	10.09	10.63	0.92	3.68	0.53	2.29	0.91	49.22	49.41	41.02	51.84	-100	18.10
2	51	-	-	-	-	-	-	-	-	34.87	-	-	-
3		3.20								10.00	1.38		
6-Aço	-	-	-	-	-	-	-	-	-			-49.38	
6-Mad.	-	-	-	-	-	-	-	-	-			-8.82	

5. CONCLUSÕES

A discussão apresentada no item 4 deste artigo deixou claro que existe uma redução nos impactos ambientais decorrentes da fase de construção de um empreendimento ao adotar Métodos Modernos de Construção em detrimento dos métodos tradicionais.

No quesito redução dos resíduos da construção, é possível verificar que quanto maior o percentual de pré-fabricação adotado, maior é a redução na geração de resíduos. Esta constatação foi medida em empreendimentos existentes, atingindo patamares significativos para estruturas em concreto. Os estudos literais também mostraram que quanto maior a predisposição ou o índice de adoção de elementos pré-fabricados, maior a redução na geração de resíduos.

O segundo item analisado, materiais utilizados, mostrou uma tendência para redução em massa do total. Para comparações entre estruturas em concreto armado, as reduções de insumos básicos como aço e concreto, decorrentes da economia gerada durante o processo industrial, foram compensados por disposições construtivas necessárias à implementação do sistema, por exemplo, substituição de fachadas em bloco por fachadas em concreto. Demais insumos apresentaram redução significativa, especialmente madeira – eliminação das formas durante a concretagem – e água – resultado do processo de cura a vapor adotado nas instalações industriais. Nesta análise, deve-se atentar para o método construtivo em comparação, por exemplo, estruturas industrializadas em aço são significativamente mais leves que estruturas tradicionais em concreto.

Por fim, foram apresentadas as análises para energia embutida, carbono embutido e emissões. Os estudos revisados mostram um potencial de redução destes indicadores ao adotar técnicas de pré-fabricação. Justificativas encontradas: redução da necessidade de transportes internos em canteiro e equipamentos para concretagem *in loco*; disposições construtivas; redução de entulhos e disposição destes.

REFERÊNCIAS

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2009. *NBR ISO 14040: Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura*. Rio de Janeiro.
- Alcorn, J. A. 2010. *Global Sustainability and the New Zealand House*. 353 f. Tese de Doutorado – Victoria University of Wellington, Nova Zelândia.
- Aye, L. et al. 2012. Life cycle greenhouse gas emissions and energy analysis of prefabricated reusable building modules. *Energy and Buildings* 47: 159-168.
- Baird, G. et al. 1997. The energy embodied in building materials - updated New Zealand coefficients and their significance. *IPENZ Transactions* 24: 46-54.
- Cao, X. et al. 2015. A comparative study of environmental performance between prefabricated and traditional residential buildings in China. *Journal of Cleaner Production*: 1-13.
- Cherubini, E. & Ribeiro, P. T. 2015. *Diálogos Setoriais Brasil e União Europeia: desafios e soluções para o fortalecimento da ACV no Brasil* – Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia - Ibict, Brasília.
- Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada IPEA. 2012. *Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Construção Civil*. Brasília.
- Jaillon, L. & Poon, C.S. 2013. Life cycle design and prefabrication in buildings: A review and case studies in Hong Kong. *Automation in Construction*: 1-8.
- Li, Z. et al. 2014. Measuring the impact of prefabrication on construction waste reduction: An empirical study in China. *Resources, Conservation and Recycling* 91: 27-39.
- Mao, C. et al. 2013. Comparative study of greenhouse gas emissions between off-site prefabrication and conventional construction methods: Two case studies of residential projects. *Energy and Buildings* 66: 165-176.
- Monahan, J. & Powell, J.C. 2010. An embodied carbon and energy analysis of modern methods of construction in housing: A case study using a lifecycle assessment framework. *Energy and Buildings* 43: 179-188.
- Pan, W. et al. 2007. Perspectives of UK Housebuilders on the Use of Offsite Modern Methods of Construction. *Construction Management and Economics* 25(2): 183-194.
- Rahman, M. M. 2014. Barriers of Implementing Modern Methods of Construction. *Journal Of Management In Engineering* 30(1): 69-77.
- Ramesh, T. et al. 2010. Life cycle energy analysis of buildings: An overview. *Energy and Buildings* 42: 1592-1600.
- Silva, L. P. *Análise do Ciclo de Vida Energético de Habitações de Interesse Social*. 2012. 185f. Dissertação – Escola de Engenharia, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil – PPGEC, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre.
- Wang, J. et al. 2014. Critical factors in effective construction waste minimization at the design stage: A Shenzhen case study, China. *Resources, Conservation and Recycling* 82: 1-7.
- Wang, J. et al. 2015. Identifying best design strategies for construction waste minimization. *Journal of Cleaner Production*: 1-11.
- Waste & Resources Action Programme WRAP. 2007. *Current Practices and Future Potential in Modern Methods of Construction - Full Final Report*. Banbury, UK.



TOOLS FOR ASSESSING SUSTAINABILITY IN URBAN SETTLEMENTS: Case study of the Metropolitan Center neighborhood, Rio de Janeiro, applying the LEED ND environmental certification

Bianca Marinho Quintella Borges Soares

Pontifical Catholic University of Rio de Janeiro, Department of Civil Engineering, Rio de Janeiro, Brasil.
biancamq@gmail.com

ABSTRACT: While increasing the use of sustainability in urban projects, it grows the need to develop sustainability indicators that serve as a reference for assessing urban policies implemented in the city. With it come new evaluation systems that take into consideration the environment, location, urban mobility, infrastructure and environmental management, putting into practice concepts of new urbanism and sustainable development. Through qualitative sustainability indicators, it shows how cities could be designed to absorb urban growth, without ceasing to be self-sustaining, providing opportunities without jeopardizing future generations. After a survey of urban conceptual parameters of sustainability, a case study of the neighborhood Metropolitan Centre in Barra da Tijuca was prepared, indicating the possibility of certification according to the standards required by LEED ND (Leadership in Energy and Environmental Design Neighborhood Development).

Keyword *Urban Sustainability; Environmental Certification for Neighborhoods; LEED ND.*

1 INTRODUCTION

The terms Sustainable Neighborhoods or Green Neighborhoods have been increasingly used by society as a positive way to occupy new areas. This concern for the sustainable development of cities has meant that developers across the country to adhere to this thought, seeking certification as a way to classify their projects at different levels of sustainability and add value to their works. (FARR, 2013)

Currently there are numerous enterprises certified and in process of certification in the country. However, environmental certification for neighborhoods has not been much discussed and used in Brazil.

While the use of sustainability increases in urban projects, it grows the need to develop sustainability indicators that serve as a reference for assessing urban policies implemented in the city. What can be seen nowadays is an urban legislation where the indices for construction differ from the indices required by environmental certifications, and therefore require a compatibility of urban laws with environmental certifications, enabling thus a sustainable urban growth of neighborhoods. (FARR, 2013)

The main problem of this research is: what would be the best way to measure sustainability in urban settlements. The indicators are fully applicable to the Brazilian urban environment?

The construction is major cause of degradation in the environment. Thus it justifies the choice of this subject, as an attempt to gather information and data to encourage the construction of neighborhoods that cause less environmental impacts.

The overall objective of this research consist of listing sustainability indicators for urban neighborhoods and housing developments, which are in accordance with the law of Rio de Janeiro and the local reality.

The methodology adopted for this study consist of the following stages of research: conceptualize the term urban sustainability; describe indicators with essential importance to enable sustainable urban development; list the most used and recognized environmental certifications for neighborhoods; analyze the LEED ND certification; analyze and apply the concepts of LEED ND in the study subdivision.

2 SUSTAINABILITY

2.1 The importance of sustainable development in construction

The construction sector is responsible for major impacts on the environment, transforming the natural environment in the built environment, so it is a major consumer of natural resources, water, energy and generates large amounts of solid waste.

To achieve sustainable development, it is necessary that the environment-economy-society tripod is balanced and develop in an integrated way. You can define Sustainable City as one "skilled urbe" to prevent degradation and the preservation of its environment, reducing social inequality and promoting a healthy environment for its population. Urban sustainability aims to end poverty, to allow equal opportunities, prevent degradation and promote environmental quality of the space. (FARR, 2013)

Some of the guiding concepts to get a city becomes sustainable are: New Urbanism, Compact Cities and Neighborhood Units. "New Urbanism seeks to show that it is technically possible to build cities that have a conventional configuration dedicated to pedestrian and based on streets, sidewalks and courts" (Katz, 1994).

Compact Cities and Neighborhood Units are concepts used by Rogers to define principles of sustainability. This city model is dense and socially diverse where economic and social activities take place together and the community is concentrated around the neighborhood units. For Rogers "compact neighborhoods and mixed-use reduce the displacement needs and create sustainable and filled spaces of vitality" (Rogers et. Al., 2001).

3 SUSTAINABILITY INDICATORS FOR URBAN PLOT

Through the qualitative sustainability indicators, it shows how cities could be designed to absorb urban growth, without ceasing to be self-sustaining, providing opportunities without jeopardizing future generations.

These conceptual parameters were organized into three major themes: Urban Morphology, Socio-environmental Quality and Urban Infrastructure. These themes are divided into the main aspects that involve a sustainable neighbourhood (Table 3.1).

Table 3.1 Urban Sustainability Indicators. Source: Prepared by the author

URBAN MORPHOLOGY	SOCIO-ENVIRONMENTAL QUALITY	URBAN INFRASTRUCTURE
* Density and compact Development	* Free Areas	* Solid waste management
* Mixed-use	* Ecosystem and Biodiversity	* Urban mobility
* Universal Accessibility	* Local Food Production	* Basic sanitation
* Walkable streets	* Health Care Access	* Urban Drainage
	* Access to Education	* Renewable energy
		* Lighting and Security

3.1 Urban Morphology

The theme *Urban Morphology* includes subtopics related to the shape, design and neighborhood design. These sub-themes are:

- Density and Compact Development: Incentives for new urban housing developments are designed in areas adjacent to urban areas, reducing the impacts of new infrastructure.
- Mixed-Use: The district must have a wide range of housing, work, leisure, education, health and services.
- Universal Accessibility: Universal design in units and urbanism. Cheap pedestrian at the same level or with ramps, tactile flooring, among other items.
- Walkable streets: Allow people walk and ride a bike through the neighborhood with safety and comfort, leaving the streets and sidewalks more pleasant.

3.2 Socio-environmental Quality

The theme Socio-environmental Quality measures the population's quality of life, providing a healthier life to the neighborhood. The sub-themes are:

- **Free Areas:** Parks and squares provide population living areas with entertainment for children, gymnastics for seniors and contact with nature.
- **Ecosystem and Biodiversity:** the existence of protected areas, allows the population to have daily contact with natural systems.
- **Local Food Production:** Encourage local food production in areas such as green roofs, home gardens, gardens, orchard and community farms.
- **Health Care access:** The health of the population depends on both the quality of service as the quality and comfort of the built environment.
- **Access to Education:** Promoting environmental awareness in the population through education.

3.3 Urban Infrastructure

The theme Urban Infrastructure is very important issue for the proper functioning of the neighborhood. The sub-themes are:

- **Solid Waste Management:** implement measures that contribute to reducing the generation of waste and reduce, reuse and recycle waste generated by the project.
- **Urban Mobility:** encourages the construction of cities Compact, which grow around shopping centers near nodal points of public transport.
- **Basic Sanitation:** existence of supply services of water and efficient and adequate treatment of sewage.
- **Urban Drainage:** Avoid excessive soil sealing and occupation areas near rivers to not impact the local watershed.
- **Renewable Energy:** Design cities using renewable energy sources to meet their needs.
- **Lighting and Security:** Design neighborhoods with efficient public lighting and no waste, allowing the practice of evening activities and greater security.

4 CERTIFICATION SYSTEMS FOR DISTRICTS:

Environmental certifications are designed to measure the degree of sustainability of buildings or neighborhoods. The certificates have emerged as a way to differentiate products through a process which should fulfill various requirements in order to achieve the seal. Some of the most popular environmental certifications for neighborhoods are: LEEDND in the USA, BREEAM Communities in England, CASBEE City in Japan, HQE in France and the AQUA Neighborhoods in Brazil. Within this list, the LEED ND certification was selected for analysis because of its importance in the international arena and its outstanding market acceptance.

4.1 LEED ND Certification

The environmental certification LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) was developed by the U.S. Green Building Council (USGBC), with the aim of encouraging the transformation in the projects and works of the buildings, with a focus on sustainability.

The LEED standard combines prerequisites, with optional credits that generate points and result in a score ranking. In addition to a minimum of 40 points, so that the project achieves certification, mandatory items must be met. As the project performance level increases the score increases. According to the number of points the certification may be Certified (40 points), Silver (50 points), Gold (60 points) or Platinum (80 points).

As the LEED ND involves urban projects of long duration, the USGBC provides that the certificate can be done in three stages: Pre-approval -when urban housing development is still in the design phase or under 50% of the urbanized area; Pre-certification - if the company with the approved design and maximum 75% of urbanization made; and certification - when urbanization is completed. (USGBC, 2009).

In the version of LEED ND 2009 (V3) certification has 5 categories, 12 prerequisites, 51 credits and 110 possible points to be achieved. Of these five categories, there are three main: Smart Location and Linkage and Neighbourhood Design, Green Infrastructure and Buildings; and two secondary groups: Innovation and Design and credits Regional Processes.

In Brazil LEED ND certification is starting to be used. At the moment it is possible to identify two certified projects (*Ilha Pura* - Rio de Janeiro and *Parque da Cidade* - São Paulo) and in the certification phase (Quartier - Pelotas).

5 VALIDATION OF ENVIRONMENTAL CERTIFICATION FOR DISTRICTS - LEED ND:

5.1 Metropolitan Center - Barra da Tijuca

With an area of approximately 360 ha located in the Baixada de Jacarepaguá, the site was bounded by Lucio Costa in the Pilot Plan for the urbanization of the area between Barra da Tijuca and Jacarepaguá, in order to become a new center for Rio de Janeiro. The Metropolitan Center is a subdivision under development, having few urbanized areas and built projects. It is located near the current Olympic region. In the surroundings of this area you can find residential projects already consolidated and significant volume of people.

5.2 Analysis by LEED ND

The diagnosis made below is intended to indicate the viability of the neighborhood become certified by LEED ND, showing the points that are already guaranteed and the ones that must be worked to meet certification. Because of its size, the neighborhood was divided into phases for certification. In this study will be the analysis only Phase 1 of the project (Fig. 5.1).



Figure 5.1: Phases suggested Certification. Source: Image prepared by the author.

For the presentation of the diagnosis was made a spreadsheet indicating each prerequisite and credit, which were classified as: C - According, M - Goal to be achieved, EA - In evaluation or D - Disposed. They will be analyzed in more detail the most significant prerequisite and credit of each category. The other prerequisites and credits are classified in the tables below (Table 5.1, 5.2 and 5.3).

5.2.1 Smart Location and Linkege

This category focuses on the selection of land that minimizes adverse environmental impacts, helping to avoid urban sprawl and its consequences on the environment (USGBC, 2009).

Table 5.1 Check List of Smart Location and Linkege category.
 Source: Prepared by the author from the Checklist provided by GBC Brazil.

C	M	EA	D		Smart Location and Linkege - SLL	27 points
x				Prerequisite 1	Smart Location	mandatory
x				Prerequisite 2	Endangered species in ecological communities	mandatory
x				Prerequisite 3	Wetlands and water bodies conservation	mandatory
x				Prerequisite 4	Conservation of farmland	mandatory
x				Prerequisite 5	Deviation from the flood quota	mandatory
3		2	5	Credit 1	Preferred Location	10
			2	Credit 2	Redevelopment of contaminated sites	2
		7		Credit 3	Location with reduced car dependence	7
		1		Credit 4	Network and cycling infrastructure	1
		1		Credit 5	Proximity to housing and work	3
1				Credit 6	Steep slope protection	1
					Project design for conservation of habitats or wetlands and watercourses bodies	1
1				Credit 7		1
		1		Credit 8	Restoration of habitats or wetlands and water bodies	1
					Conservation management of habitats or wetlands and watercourses bodies	1
			1	Credit 9		1

Prerequisite 1 - Smart Location:

LEED ND prompts for all project types should choose a location that already contemplate infrastructure such as sewer and water or provide new infrastructure for water and sewer

to the site. Besides, you should identify the category of the site that will be the district among the four following options:

- Infill site - where at least 75% of the neighborhood's perimeter is adjacent to previously developed areas.
- Local with connectivity - at least 90 crossings per square mile, 800m LEED Boundary.
- Located near transit corridors - 50% of entries are 400m walking distance from the bus stop and 800m walk distance from the subway or train stations.
- Locate the neighborhood in an area with more than 30% of residential buildings at a 400m distance of 5 different uses or 800m from 7 different uses, measured from the geographical center of the project (USGBC, 2009).

The Metropolitan Center allotment is located close to Abelardo Bueno avenue, and BRT and bus stops. The longest distance traveled on foot to the BRT stop would be approximately 600m.

Credit 5 - Proximity to housing and work:

This credit encourages balanced communities with a variety of uses and employment opportunities.

The Metropolitan Center has most of the lots with commercial use, public transportation and residential units to a walking distance of up to 800m, with enough units to meet 50% of local jobs.

5.2.2 Neighborhood Pattern and Design

This category values the creation of compact neighborhoods, vibrant, walkable, mixed-use and well connected. (USGBC, 2009).

Table 5.2 Check List of Neighborhood Project and Standard category.
Source: Prepared by the author from the Checklist provided by GBC Brazil.

C	M	EA	D	Neighborhood Pattern and Design - NP	44 points	
	x			Prerequisite 1	pedestrian pathways	Mandatory
	x			Prerequisite 2	compact development	Mandatory
	x			Prerequisite 3	Connected and Integrated communities	Mandatory
1	3	2	6	Credit 1	walkable streets	12
5			1	Credit 2	compact development	6
		4		Credit 3	Uses of Diversity in Neighborhoods Centers	4
		7		Credit 4	Community with a diversity of incomes	7
	1			Credit 5	small parking areas	1
			2	Credit 6	Road system	2
	1			Credit 7	Means of transportation	1
	2			Credit 8	transport demand management	2
1				Credit 9	Access to public spaces and civilians	1
	1			Credit 10	Access to leisure areas	1
	1			Credit 11	Universal accessibility	1
			2	Credit 12	Scope and community involvement	2
	1			Credit 13	Local food production	1
1	1			Credit 14	Shading, tree-lined streets	2
		1		Credit 15	Schools in Neighborhood	1

Prerequisite 2 - Compact Development:

Encourages the development in areas already urbanized, thus protecting farmland.

Projects planned or existing transport service that meet:

- SLLp1 prerequisite - Smart Location - collective mass transportation
- Possess 140 valid intersections in 1 square mile
- SLLc3 - Location with reduced car dependence (min 2 points.)

And meet the following densities:

- Residences: 30 pcs. resid./ha of buildable land for residential purposes.
- Do not residential: 0.80 IAT in lots for residential purposes (USGBC, 2009).

For the Metropolitan Center area it would need to have 28 intersections near the allotment and the same will have 122, so that urbanization is complete. In addition to local law allows 1.50 IAT (Dec. 3046), thereby fulfilling this prerequisite.

Credit 14 - shaded and wooded streets:

Encourage walking and bicycle use in the neighborhood, improving local air quality.

Should meet:

- At least 60% of the streets must have trees on both sides, with a minimum distance of 13m.
- Planting tree species that in a period of 10 years, provide a shading at least 40% of the areas of the sidewalks (USGBC, 2009).

The afforestation project for the neighborhood is according to the minimum distance between the trees and their locations. You will need to produce a technique of landscape responsibility to report on the project for a period of 10 years.

5.2.3 Green Infrastructure and Buildings

This category focuses on measures to reduce the environmental impact of construction and operation of buildings and urban infrastructure. (USGBC, 2009)

Table 5.3 Check List of Green Infrastructure and Buildings Category.
Source: Prepared by the author from the Checklist provided by GBC Brasil.

C	M	EA	D	Green Infrastructure and Buildings - GIB	29 pontos
x				Prerequisite 1 Edifícios com certificação ambiental	Mandatory
	x			Prerequisite 2 Eficiência energética mínima nas edificações	Mandatory
	x			Prerequisite 3 Eficiência hídrica mínima nas edificações	Mandatory
	x			Prerequisite 4 Prevenção da poluição nas atividades de construção	Mandatory
1	2	2		Credit 1 Buildings with environmental certification	5
			2	Credit 2 energy efficiency of buildings	2
		1		Credit 3 water efficiency of buildings	1
		1		Credit 4 Landscaping with efficient water use	1
			1	Credit 5 Use of existing buildings	1
			1	Credit 6 Preservation of historical heritage and its adaptations to use	1

	1	Credit 7	Designing and building with minimal impact on the ground	1	
	1	3	Credit 8	Pluvial waters Management	4
1			Credit 9	Reduction of heat islands	1
	1		Credit 10	Solar orientation	1
	1	2	Credit 11	Renewable energy sources on site	3
		2	Credit 12	Urban Systems of heating and cooling	2
1			Credit 13	energy efficiency of the infrastructure	1
1	1		Credit 14	Management of waste water	2
	1		Credit 15	Use of recycled materials in infrastructure	1
1			Credit 16	solid waste management	1
1			Credit 17	Reducing light pollution	1

Prerequisite 2 - Minimum Energy efficiency in buildings:

Encourage the construction of energy efficient buildings, to reduce pollution caused by energy production and consumption. This would require that 90% of the buildings would meet the requirement: (USGBC, 2009)

- New buildings: reduce consumption by 10% over the ASHRAE 90.1-2007 index
- Renovated buildings: reduce consumption by 5% over the ASHRAE 90.1-2007 index.

You must run a report showing that it is possible to reach the target of 10%, through a simulation.

Credit 9 - Heat Island Reduction:

To meet the credit can reach one of two options:

- Project at least 50% of floor area with the following measures: use materials on the floor with SRI (Solar Reflection Index) > 29 - low heat absorption; floors using at least 50% of the material permeability; provide a proportional shading the treetop 10 years.
- Design green roof by at least 50% of new buildings (USGBC, 2009).

You will need to put a goal the above items for the project to get the points of this credit.

5.2.4 Innovation and Design Process and Regional Priority Credits

In addition to the above categories there are two categories of lower scores on certification, namely: Innovation and Design Process and Regional credits (Table 5.4).

Table 5.4 Check List of Innovation Project and Regional Priority Credits categories
Source: Prepared by the author from the Checklist provided by GBC Brazil.

C	M	EA	D	Innovation and Design Process - IDP	6 points
C	M	EA	D	Regional Priority Credit - RPC	4 points
14	37	26	31	TOTAL	Certified: 40-49 points, Silver: 50-59 points, Gold: 60-79 points, Platinum: 80+ points
51				POTENCIAL OF METROPOLITAN CENTRE	

5.3 Analysis of Results

As a result, it is possible to verify that the certification of the neighborhood is possible to be acquired, since all prerequisites are compliant or were placed as a goal. In total the neighborhood has 14 points already compliant, however for the neighborhood becoming

certified would need it able to meet at least 26 points of the criteria that were placed as a goal. If all goals are met it is possible to reach 51 points, the equivalent of LEED ND Silver Certification (Fig. 5.2).

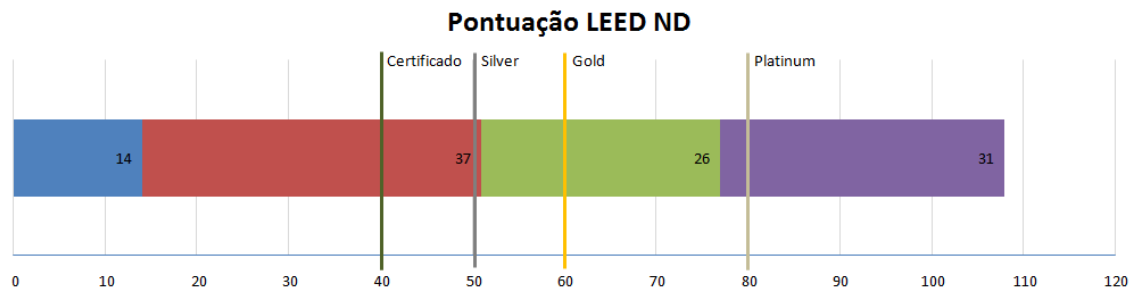


Figure 5.2: Score Graphic LEED ND. Source: Figure prepared by the author from the table above.

6 CONCLUSION:

After analyzing the importance of sustainable urban development and identify the events responsible for the emergence of this concept, we identified several qualitative indicators of sustainability necessary for a neighborhood becomes sustainable. These conceptual design parameters have been described in order to become the basis for the analysis of the Metropolitan Center neighborhood, according to the environmental certification LEED ND.

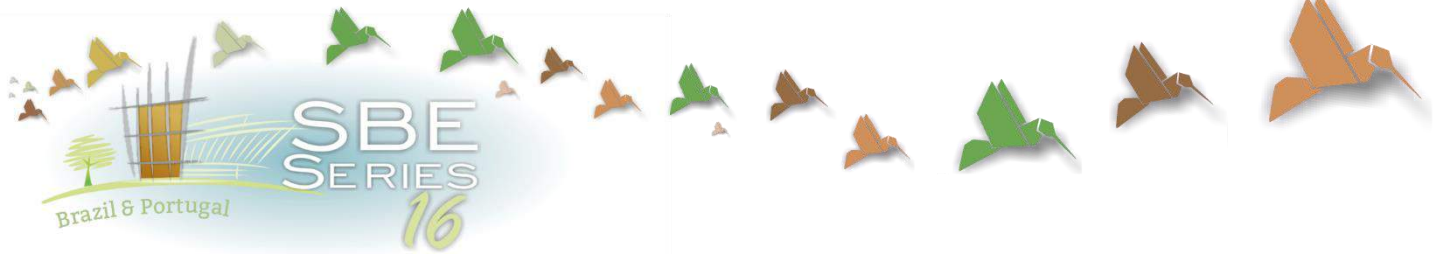
The analyzed neighborhood has great potential to become certified. However LEED ND certification is not easy to be achieved, mainly because Brazil does not have the culture to implement various items required by USGBC.

After the assessment made were identified that LEED ND certification has topics that are not applied frequently in the Brazilian urban areas, due to culture, nature or local law, but none of them is not feasible to put into practice.

LEED ND certification has a methodology that covers all project levels. Throughout the analysis certification instigates the designer to consider several issues related to sustainability, leaving only him the responsibility to put or not that activity in practice.

REFERENCES:

- FARR, Douglas. *Urbanismo Sustentável: Desenho urbano com a natureza*. Tradução: Alexandre Salva terra – Porto Alegre. Editora Bookman, 2013.
- KATZ, P. *The new urbanism: Toward an architecture of community*. New York. McGraw Hill, 1994.
- ROGERS, Richard; GUMUCHDJIAN, Philip. *Cidades para um pequeno planeta*. Barcelona. Editora Gustavo Gili, 2001.
- U.S. Green Building Council. *LEED Neighborhood Development Rating System*. 2009. Disponível em: <<http://www.gbcbrazil.org.br/leed-neighborhood.php>>. Acesso em: 09 de julho de 2015.



Índices de CO₂ para materiais de construção em edificações brasileiras

Sergio Fernando Tavares

Federal University of Paraná, Department of Architecture and Urbanism, Post Graduate in Civil Construction Engineering, Curitiba (PR), Brazil

sergio.tavares@ufpr.br, sergioft22@yahoo.com.br

Luís Bragança

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal

braganca@civil.uminho.pt

RESUMO: No Brasil apesar da emissão de gases de efeito estufa estar abaixo dos índices mundiais, o setor da construção civil apresenta padrões de emissão semelhantes a de países desenvolvidos. Neste sentido é importante o desenvolvimento de instrumentos de aferição destes impactos associados às edificações. Este artigo atualiza dados da emissão de dióxido de carbono embutido em materiais de construção e na matriz de geração de eletricidade brasileira, visando desenvolver uma ferramenta para o cálculo do CO₂ embutido em edificações. O método consiste em organizar planilhas que discriminam os insumos energéticos dos principais materiais de construção utilizados no Brasil a partir de levantamentos de dados primários no processo de fabricação. Os dados são levantados do Balanço Energético Nacional e em relatórios de ministérios e de federações de indústrias. As emissões de Carbono por uso de fontes combustíveis são adaptadas do IPCC 2006, atualizando a pesquisa de 1996. Ao final é proposta uma ferramenta que permite estimar, a partir do cálculo prévio da energia embutida, as emissões de dióxido de carbono na fase pré-operacional do ciclo de vida de uma edificação, no que tange ao uso de materiais de construção e energia elétrica. A partir dos novos índices encontrados neste trabalho procedeu-se uma atualização de uma pesquisa de 2008 que calculava o CO₂ embutido em uma edificação residencial típica brasileira. Os novos índices são superiores aos de 2008 principalmente pelo aumento da participação de combustíveis fósseis na matriz de geração termoeleétrica brasileira e pela revisão de alguns processos produtivos dos materiais investigados.

Palavras chave CO₂ embutido, materiais de construção, edificações residenciais, sustentabilidade.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil tem emissões de dióxido de carbono e outros gases do efeito estufa abaixo da média mundial. Isto se dá por ter a maior parte de seu consumo de energia elétrica a partir de geração hidráulica, por utilizar combustíveis renováveis no setor de transportes como o etanol e o biodiesel, associada ainda à grande utilização de biomassa em outros setores da economia. Tal condição faz com que o país apresente uma taxa de emissão de CO₂, por utilização de fontes energéticas, de 1,56 tCO₂/tep contra 2,37 tCO₂/tep da média mundial (IEA, 2014).

Em que pese tal condição o setor da construção civil brasileiro apresenta índices de emissão semelhantes aos de países desenvolvidos (Tavares 2006; Monich 2010; Paulsen & Sposto 2013).

A preocupação sobre a avaliação de impactos ambientais ao longo do ciclo de vida das edificações, e a necessidade de informar os cidadãos sobre isto, já é presente em países como Austrália e Alemanha (Australian Government, 2016; Germany, 2016), citando alguns casos.

A literatura técnica apresenta parâmetros de sustentabilidade na construção civil definindo relações entre o consumo de energia e a geração de CO₂ nos processos de fabricação e uso dos materiais de construção (Jeong, 2012; Dias, 2004; Suzuki, 1995). A discriminação dos insumos energéticos em fontes específicas, e destas para a geração de CO₂ correspondente, são pontos importantes de interpretação em uma análise energética (Buchanan & Honey, 1994; Treloar 2001).

No Brasil as técnicas de análise de ciclo de vida carecem de ferramentas adequadas e também de dados atualizados para a composição dos inventários. Além destas condições o acesso de instrumentos para estas análises por parte de profissionais ou estudantes ligados a construção é restrito. Para tanto propõe-se o desenvolvimento de recursos que possam facilitar estas tarefas.

1.1 Objetivo

O trabalho visa apresentar uma ferramenta para estimar as emissões de dióxido de carbono na fase pré-operacional do ciclo de vida de edificações residenciais brasileiras com dados atualizados das emissões por fontes e da contribuição da energia elétrica por fontes fósseis. A proposta da ferramenta em questão atualiza o recurso utilizado por Tavares (2006).

2. MÉTODO

2.1 Discriminação dos insumos energéticos

São definidos inicialmente os insumos energéticos, discriminados por fontes, utilizados nos processos de fabricação dos principais materiais de construção utilizados no Brasil. Os critérios para a escolha destes materiais foram os seguintes:

- Materiais considerados como relevantes em relação ao conjunto dos insumos energéticos consumidos no país, segundo o BEN - Balanço Energético Nacional - (EPE, 2015);
- Materiais constantes regularmente nas composições de edificações típicas brasileiras, segundo os padrões da norma NBR 12721 (ABNT 2006) que define os critérios para o cálculo do Custo Unitário Básico da Construção, e por publicações especializadas em composições de orçamento como o TCPO – Tabelas para Composições de Preços e Orçamentos - da editora PINI (TCPO, 2010);
- Maior peso de participação em análises de energia embutida nas edificações típicas brasileiras (Tavares 2006; Tavares & Lamberts, 2008).

Na Tabela 1 são apresentados os materiais de construção estudados e seus respectivos insumos energéticos proporcionais por fontes em seus processos de fabricação.

Tabela 1: Insumos energéticos utilizados nos processos de fabricação dos materiais de construção (%)

FONTES	FÓSSEIS NÃO RENOVÁVEIS							RENOVÁVEIS				
	ÓLEO DIESEL E COMBUSTÍVEL	GÁS NATURAL	GLP	COQUE DE PETRÓLEO	OUTRAS SECUNDÁRIAS DE PETRÓLEO	CARVÃO MINERAL	COQUE DE CARVÃO MINERAL	ELETRICIDADE	CARVÃO VEGETAL	LENHA	OUTRAS FONTES PRIM. RENOVÁVEIS	OUTRAS
AÇO E FERRO	1	6					45	10	19			19
ALUMÍNIO	17	13						55				15
AREIA	25	15						30				30
ARGAMASSA ⁽¹⁾	30	10		10				30				20
CAL	10	20						15		55		
CERÂMICA REVEST.	15	60	10					15				
CERÂMICA VERM.	4	2	8					5		80		1
CIMENTO	1			70		2		13	3			11
COBRE	10	20				5		60				5
CONCRETO ⁽²⁾	25	15		10				30				20
FIBROCIMENTO ⁽⁶⁾	15			50				30				5
IMPERMEABILIZANT	5	30				3		30		2		30
MADEIRA ⁽³⁾	5	3	2					8		82		
PAPEL	2	7						15	2	15	45	14
PEDRA	30	10						30				30
PLÁSTICOS	20	20						30				30
TINTAS ⁽⁴⁾	5	20	5					70				
VIDRO	2	60	10					28				
OUTROS MATERIAIS	4	23	3		7			50	1	12		

Fonte: autoria própria, a partir de dados de: Balanço Energético Nacional 2015 (EPE, 2015); Anuário estatístico-Setor metalúrgico 2014 (Brasil, 2015); Inventory of Carbon and Energy, University of Bath (Hammond & Jones, 2011).

- 1) Traço 1 : 2 : 8 Cimento, Cal Hidratada, Areia
- 2) Percentual de cimento 12%
- 3) Madeira maciça para batentes e esquadrias
- 4) 1Kg de produto; rendimento médio 3,33 m² (duas demãos)
- 5) Segundo BEN 2015 (EPE, 2015)
- 6) Para 70% de cimento

Percebe-se pela distribuição dos insumos que a maioria destes são oriundos de fontes fósseis, o que reforça a necessidade de se estudar a influência dos materiais para as emissões de gases do efeito estufa no ciclo de vida da edificação.

2.2 Índices de CO₂ nos materiais de construção

Para definição dos índices de CO₂ nos materiais de construção são utilizados os índices de emissão de Carbono por fontes definidos no protocolo do IPCC- Intergovernmental Panel on Climate Change - (IPCC, 2006) para uso como combustíveis. Na comparação entre os relatórios de 2006 e de 1996 percebe-se que há pouca variação entre os índices. A principal diferença, de forma, é que há faixas de incerteza na versão de 2006 com uma informação média, a qual foi utilizada neste trabalho. Os relatórios citados informam a emissão de Carbono na conversão em energia. Para definição dos índices de Dióxido de Carbono (CO₂) é aplicado o fator de conversão 44/12 sobre os valores da emissão em Carbono, conforme o próprio relatório do IPCC (IPCC, 2006).

A partir das emissões de Carbono informadas pelo IPCC são selecionadas as fontes mais comuns utilizadas na fabricação dos materiais de construção típicos do Brasil. Assim, na Tabela 2 é informada a geração de CO₂, em kilograma por Giga Joule de energia utilizada por cada fonte.

Tabela 2: Geração de CO₂ por uso de fontes combustíveis

FONTE	CO₂ (kg/GJ)
ELETRICIDADE ⁽¹⁾	42,2
PETRÓLEO	73,3
ÓLEO COMBUSTÍVEL	74,1
GASOLINA	69,3
QUEROSENE AVIAÇÃO	71,5
COQUE DE PETRÓLEO	97,5
GAS DE ALTO FORNO	260,0
GÁS NATURAL	56,1
GLP	63,1
OUTRAS SECUNDÁRIAS DE PETRÓLEO	73,3
COQUE DE CARVÃO MINERAL	107,0
CARVÃO MINERAL	94,6
CARVÃO VEGETAL ⁽²⁾	33,6
LENHA ⁽³⁾	56,0
LIXÍVIA	95,3
BIOMASSA SOLIDA GERAL	100,0
BIODIESEL	70,8
ALCOOL COMBUSTÍVEL	70,8
GAS DE ATERRO	54,6
OUTROS BIOGASES	54,6
OUTRAS FONTES PRIM. FÓSSEIS	73,3
OUTRAS FONTES PRIM. RENOVÁVEIS ⁽⁴⁾	100,0
OUTRAS ⁽⁵⁾	87,0

Fonte: própria, a partir de dados de IPCC (2006).

- 1) do autor, ver Tabela 3
- 2) considerando 70% renovável, seg. IBGE (2013)
- 3) considerando 50% renovável, seg. IBGE (2013)
- 4) considerar percentual específico de fonte renovável
- 5) do autor, a partir de dados do BEN 2015 (EPE, 2015)

Note-se que os índices dos itens de Energia Elétrica, Madeira e Carvão Vegetal são adaptados para a realidade brasileira.

Para o cálculo da contribuição de emissão de CO₂ na eletricidade levantou-se o mix da matriz termoelétrica brasileira, com os respectivos percentuais de contribuição e índices

de eficiência, e aplicou-se a emissão específica para os combustíveis utilizados, conforme a Tabela 2. A Tabela 3 estima as emissões de CO₂ para a geração termoeletrica no Brasil.

Tabela 3: Geração de CO₂ na geração termoeletrica no Brasil

TERMOELETRICIDADE	MATRIZ BRASILEIRA (%)	EFICIÊNCIA	FATOR	%	kg CO ₂ /GJ (Fontes)	kg CO ₂ /GJ (Eletricidade)
Carvão	3,2	0,2	5	16	94,6	15,14
Óleo	6,9	0,3	3,3	23	74,1	16,87
Gás Natural	13,0	0,7	1,4	18	56,1	10,21
						42,22

Fonte: Própria a partir de valores de (EPE, 2015) e (IPCC, 2006)

Nota-se um considerável aumento em relação à avaliação feita por Tavares (2006) (18,1 contra 42,2 kg CO₂ /GJ desta pesquisa), o que se explica pelo fato de aumentarem as participações de combustíveis fósseis no mix de geração termoeletrica (EPE, 2015).

Outras parcelas de emissões consideradas são aquelas oriundas de reações químicas no processo produtivo além da queima de combustível. A partir dos relatórios de emissões de gases de efeito estufa do Ministério da Indústria e Comércio (Brasil, 2013) e dos relatórios de emissões de gases do efeito estufa nos processos industriais do Ministério da Ciência e Tecnologia (Brasil, 2010), foram consideradas as emissões adicionais do Cimento, Cal e Alumínio. Os índices do Concreto, Argamassa e Fibrocimento são definidos a partir dos percentuais de cimento utilizado. Todas estas parcelas adicionais estão apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4: Geração de CO₂ nos processos de fabricação

MATERIAL	kg CO ₂ /kg
ALUMÍNIO	1,65
CAL	0,76
CIMENTO ⁽¹⁾	0,37
CONCRETO ⁽²⁾	0,05
ARGAMASSA ⁽³⁾	0,21
FIBROCIMENTO ⁽⁴⁾	0,26

Fonte: Própria a partir de Brasil (2010a); Brasil (2010b); Brasil (2013); IPCC (2006).

1) Percentual de clínquer 75%

2) Percentual de cimento 12%

3) Traço 1 : 2 : 8 Cimento, Cal Hidratada, Areia

4) Para 70% de cimento

3. RESULTADOS

3.1 Planilha para cálculo de CO₂ embutido

Para cálculo das emissões geradas na fase pré operacional do ciclo de vida da edificação foi concebida uma planilha que associa a energia embutida em cada material e as emissões correspondentes de CO₂ no processo de fabricação de cada material. Os valores de EE no processo de fabricação dos materiais analisados são obtidos da tese de Tavares (2006).

A Tabela 5 apresenta o modelo resumido da planilha básica para cálculo de emissões de CO₂. Na primeira linha são marcados os índices de emissões de CO₂ por uso combustível conforme tabela 2. Nas linhas seguintes são discriminados os materiais de construção como listados na Tabela 3. Nas colunas são listadas as fontes energéticas utilizadas, sendo que junto aos materiais informa-se o total de energia embutida por kilo de cada material.

Na penúltima coluna as parcelas adicionais por emissões no processo de fabricação, quando houver, além da queima de combustíveis. Em cada cruzamento de linha e coluna se assinala o percentual de cada fonte energética utilizada como combustível no processo de fabricação do referido material, conforme os índices da Tabela 1 e calcula-se a parcela de emissão específica daquele combustível. Na última coluna informa-se o total do respectivo material analisado.

Tabela 5: Geração de CO₂ nos materiais de construção típicos do Brasil

MATERIAIS	ÓLEO DIESEL E COMBUSTÍVEL	GÁS NATURAL	GLP	COQUE DE PETRÓLEO	OUTRAS SECUNDÁRIAS DE PETRÓLEO	CARVÃO MINERAL	COQUE DE CARVÃO MINERAL	ELETRICIDADE	CARVÃO VEGETAL	LENHA	OUTRAS FONTES PRIM.	RENOVÁVEIS	OUTRAS	CO ₂ processo	CO ₂ /kg de MATERIAL
CO ₂ (kg/Gj) (Cf Tabela 2)	74,1	56,1	63,1	97,5	73,3	94,6	107	42,2	33,6	56	100	80			
AÇO E FERRO (% por fontes) (cf. Tab.1)	1	6					45	10	19				19		
CO ₂ /kg (EE (35,0 MJ/kg)* x % fonte)	0,03	0,12	0	0	0	0	1,69	0,15	0,22	0	0	0,53			2,73

• (Energia Embutida de cada material segundo Tavares (2006))

A Tabela 6 resume os resultados da aplicação da planilha para cálculo das emissões de CO₂, resumida na Tabela 5, apresentando os valores de emissões de Dióxido de Carbono por kg de material de construção utilizado. São informados associadamente os valores de Energia Embutida por material.

Tabela 6: Índices de EE e CO₂ embutido nos materiais de construção típicos brasileiros

MATERIAIS	EE (MJ/kg)	kgCO ₂ / kg
AÇO E FERRO	35,0	2,73
ALUMÍNIO	155,0	10,19
AREIA	0,5	0,03
ARGAMASSA ⁽¹⁾	2,1	0,34
CAL	3,0	0,87
CERÂMICA REVEST.	3,0	0,29
CERÂMICA VERM.	5,0	0,17
CHAPA DE COMPENSADO	8,0	0,41
CIMENTO	4,5	0,79
COBRE	75,0	3,95
CONCRETO ⁽²⁾	1,2	0,12
FIBROCIMENTO ⁽³⁾	6,0	0,72
IMPERMEABILIZANTES	90,0	5,50
MADEIRA ⁽⁴⁾	2,0	0,11
PAPEL	20,0	1,54
PEDRA	1,5	0,10
PLÁSTICOS	80,0	5,02
TINTAS ⁽⁵⁾	75,0	3,57
VIDRO	18,5	0,99
OUTROS MATERIAIS ⁽⁶⁾	50,0	2,58

1) Traço 1 : 2 : 8 Cimento, Cal Hidratada, Areia

2) Percentual de cimento 12%

3) Para 70% de cimento

4) Madeira maciça para batentes e esquadrias

5) 1Kg de produto; rendimento médio 3,33 m² (duas demãos)

6) Segundo BEN 2015 (EPE, 2015)

3.2 Aplicação da planilha

No artigo de Tavares e Lamberts (2008) é calculada a emissão de CO₂ na fase pré-operacional de uma edificação de natureza empírica baseada na realidade construtiva brasileira. Sua definição baseia-se na norma NBR 12721 da ABNT (ABNT, 2006), dos dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios – PNAD - realizada pelo IBGE (PNAD, 2005) e do Sistema de Informações de Posses de Eletrodomésticos e Hábitos de Consumo – SINPHA – (SINPHA, 1999), realizado pela Eletrobrás, PROCEL e PUC/RJ.

O modelo analisado é o de uma residência típica brasileira com 63 m², estrutura em concreto armado, paredes de alvenaria simples com blocos cerâmicos e cobertura com telhas de fibrocimento. Os padrões de acabamento são compatíveis com o modelo R1-B descrito na Norma ABNT NBR 12721 (ABNT, 2005).

A Tabela 7 apresenta os resultados de EE e CO₂ embutidos nesta edificação comparando os dados originais do artigo de Tavares e Lamberts (2008) com os fatores de CO₂ revisados.

Tabela 7: Resultados de EE e CO₂ embutidos em uma edificação típica brasileira

MATERIAIS	kg (material da edificação)	kgCO ₂ (2008)	kgCO ₂ / kg material (2016)	kgCO ₂ (2016)
Cimento	9511,59	7134	0,79	7514
Cerâmica vermelha	22875,79	6293	0,29	6634
Aço e Ferro	1190,32	3070	2,73	3250
Concreto	11305,81	1650	0,12	1357
Tintas	263,88	1438	3,57	942
Pedra	34704,19	1008	0,1	3470
Areia	56323,70	935	0,03	1690
Cal	1175,94	893	0,87	1023
Fibrocimento	1045,98	499	0,72	753
Plásticos	60,70	358	5,02	305
Cerâmica Revest.	596,00	221	0,17	101
Outros materiais	187,00	736	2,58	482
TOTAL CO₂		24235		27521
TOTAL CO₂/m²		382		437

O resultado total aplicado sobre a área da edificação analisada resulta em 437 kg de CO₂ por metro quadrado, dado superior ao da pesquisa de 2008. Os resultados gerais mostram que o valor total de CO₂ sobe principalmente pelo aumento de emissões do mix da geração termoelétrica da eletricidade brasileira. Alguns materiais tiveram revisões no seu processo produtivo, o que acarretou algum incremento de fontes mais intensas em combustíveis fósseis, como pedra e areia. Nos valores de CO₂ das tintas são consideradas três demãos no trabalho de 2008 e duas demãos no de 2016.

3.3 Comparação de índices de CO₂ embutido com outras edificações estrangeiras

A revisão do índice de CO₂ embutido aproxima ainda mais e eventualmente supera as médias encontradas para as edificações estrangeiras. A tabela 8 apresenta alguns índices encontrados na literatura técnica e compara com o índice encontrado neste trabalho.

Tabla 8: Resultados de EE e CO₂ embutido (pré-operacional) em edificações residenciais

Resultados	N. Zelândia(1)	Japão(2)	Dinamarca(3)	Brasil (4)
tCO ₂ /m ²	0,35	0,40	0,40	0,43
GJ/m ²	5,60	4,50	4,50	4,46

1) (Buchanan & Honey, 1994)

2) (Suzuky & Oka, 1995)

3) (Suzuky & Oka, 1995) citando (Pedersen, 1993)

4) Resultado desta pesquisa

Outra comparação pode ser atribuída com o trabalho de Luo (2011) que analisou 78 prédios comerciais na China e encontrou um valor médio de 326 kg CO₂ /m².

4. CONCLUSÕES

O modelo de planilha para a estimativa do CO₂ embutido em edificações desenvolvido contribui para facilitar as análises de ciclo de vida em edificações, notadamente na fase pré-operacional.

Na revisão dos valores de CO₂ embutido a principal diferença de emissões por fonte se dá na eletricidade, que teve seu mix alterado pela maior participação de combustíveis fósseis para a geração termoelétrica.

A reavaliação dos valores de CO₂ embutido na edificação típica brasileira, a partir da nova ferramenta proposta com os valores revisados, confirmam que o CO₂ embutido nas edificações brasileiras na fase pré operacional é similar ao de edificações estrangeiras, apesar da matriz de emissões gerais do Brasil ser mais baixa que a média mundial. Isto se explica em parte pelo fato de que as técnicas construtivas e os materiais de construção empregados na construção civil brasileira geram grande quantidade de resíduos, em parte pelo fato de que os processos de fabricação dos principais materiais utilizados sejam semelhantes aos de outros países desenvolvidos com uso prioritário de fontes fósseis.

Os resultados, a partir dos instrumentos desenvolvidos e dos valores obtidos na avaliação da edificação típica, apontam para a necessidade da avaliação destes impactos em outras fases do ciclo de vida. Na fase operacional o uso dos materiais de reposição podem elevar os índices de CO₂ incorporado em todo o ciclo de vida, principalmente com a participação de materiais de alto CO₂ inicial incorporado e de baixa durabilidade, como tintas e outros materiais de acabamento. Na fase pós operacional a perspectiva do uso de materiais com possibilidades de reuso ou reciclagem podem ser relevantes para o cálculo do CO₂ embutido total e devem portanto ser estudadas.

REFERÊNCIAS

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12721: *Avaliação de custos unitários e preparo de orçamento de construção para incorporação de edifícios em condomínio* – Procedimento. Rio de Janeiro.2005
- Australian Government, *Department of Environment*. <https://www.environment.gov.au/climate-change/greenhouse-gas-measurement>. Acessado em maio de 2016.
- Brasil, Ministério da Ciência e Tecnologia, Coordenação Geral de Mudanças Globais de Clima. *Emissões de gases de efeito estufa nos processos industriais - produção de metais, Alumínio. Segundo inventário brasileiro de emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa - Relatórios de referência*. Elaborado por: Ingrid Person Rocha e Pinho. Colaboração: Associação Brasileira de Alumínio – ABAL. Brasília, 2010a.
- Brasil, Ministério da Ciência e Tecnologia, Coordenação Geral de Mudanças Globais de Clima.

- Emissões de gases de efeito estufa nos processos industriais - produtos minerais, Parte I. Produção de cimento.* Elaborado por: Sindicato Nacional da Indústria do Cimento – SNIC Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP. Segundo inventário brasileiro de emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa - Relatórios de referência. Brasília, 2010b.
- Brasil - Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI. *Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil.* Brasília, 2013.
- Brasil, Ministério da Indústria e Comércio. *Anuário Estatístico do Setor Metalúrgico 2014, ano base 2013.* Disponível em <http://www.mme.gov.br/sgm/menupublicacoes.html>. Acessado em Maio de 2015.
- Buchanan, A. H.; Honey B. G. Energy and carbon dioxide implications of building construction. *Energy and Buildings*, Volume 20, Issue 3, Pages 205–217. 1994.
- Dias, W.P.S.; Pooliyadda, S.P. Quality based energy contents and carbon coefficients for building materials: A systems approach. *Energy*, Volume 29, Issue 4, Pages 561–580, March 2004.
- EPE - Empresa de Pesquisa Energética (Brasil) -. *Balanco Energético Nacional 2015: Ano base 2014.* Rio de Janeiro, 2015.
- Germany, *Federal Ministry for Economic Affairs and Energy.*
<http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Energiewende/monitoring-prozess.html> e
<http://www.bmwi.de/DE/Themen/Industrie/Industrie-und-Umwelt/klimaschutz,did=338368.html>. Acessado em maio de 2016
- Hammond G.; Jones C. *Inventory of Carbon & Energy (ICE) Version 1.6a* . Sustainable Energy Research Team (SERT) Department of Mechanical Engineering University of Bath, UK. 2008.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Produção da Extração Vegetal e Silvicultura.* Rio de Janeiro, v. 28, p.1-69, 2013. ISSN 0103-8435
- IEA – International Energy Agency. *Key world energy statistics 2014.* International Energy Agency, Paris, France. 2014.
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reporting Instructions.* Acessado em 05/2016 <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.html>. Geneva, Switzerland.1996.
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.* Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan. ISBN 4-88788-032-4 (2006).
- Jeong, Y.S.; Lee, S.E.; Huh, J.H. Estimation of CO₂ emission of apartment buildings due to major construction materials in the Republic of Korea. *Energy and Buildings*, Volume 49, Pages 437–442, June 2012.
- Luo, Z.; Yang, L.; Liu, J. Embodied carbon emissions of office building: A case study of China's 78 office buildings. *Building and Environment*, 95. p 365e371 (2016).
- Manfredini C.; Sattler, M. A. Estimativa da energia incorporada a materiais de cerâmica vermelha no Rio Grande do Sul. *Ambiente Construído*, v. 5, n. 1, p. 23-37, jan./mar. 2005. ISSN 1415-8876 © Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Porto Alegre. 2005.
- Monich, C. R.; Tavares S. F. Energia e CO₂ embutidos na fabricação dos materiais de construção: panorama atual no Brasil e exterior. In: *13o Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2010, Canela, RS. Anais...* Porto Alegre: ANTAC, 2010.
- Paulsen, J. S.; Sposto, R. M. A life cycle energy analysis of social housing in Brazil: Case study for the program “MY HOUSE MY LIFE”. *Energy and Buildings*, Volume 57, Pages 95–102, February 2013.
- PNAD. *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios 2013.* Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>>. Acessado em Maio de 2016
- Santi, A.M.M. *Co-incineração e co-processamento de resíduos industriais perigosos em fornos de clínquer: investigação no maior pólo produtor de cimento do País, Região Metropolitana de Belo Horizonte, MG, sobre os riscos ambientais e propostas para a Segurança Química.* Tese [Doutorado]. Planejamento de Sistemas Energéticos. Faculdade de Engenharia Mecânica. UNICAMP Campinas, SP. (2003).
- SINPHA. *Sistema de Informações de Posses de Eletrodomésticos e Hábitos de Consumo.* PROCEL / ELETROBRÁS. Núcleo de Estatística Computacional, PUC/Rio. Rio de Janeiro, 1999. CD-ROM.
- Suzuki, M.; Oka, T.; Okada, K. The estimation of energy consumption and CO₂ emission due to housing construction in Japan. *Energy and Buildings* 22, p. 165-169 (1995).
- Tavares, S.F. *Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras.* Tese de doutorado. PPGEC - Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil. UFSC – Universidade

Federal de Santa Catarina. Florianópolis, abril de 2006.

Tavares, S. F.; Lamberts, R. CO₂ embutido em edificações residências brasileiras. *In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 12., 2008, Fortaleza. Anais...* Porto Alegre: ANTAC, 2008.

TCPO, *Tabelas de composição de Preços para Orçamentos*. Editora PINI. São Paulo, 2010.

Treloar, G.; Fay, R.; Ilozor, B.; Love, P. Building materials selection: greenhouse strategies for built facilities. *Facilities*, v.19, n.3/4, p. 139 – 149. 2001.

Uhlig, A. *Lenha e Carvão Vegetal no Brasil: balanço oferta-demanda e métodos para estimação do consumo*. Programa Interunidades de Pós Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, EP / FEA / IEE / IF. São Paulo, 2008.



Instruments for Environmental Management: A Focus on Sustainable Innovation

Wilson Pereira Barbosa Filho

Federal University of Minas Gerais, Pos-Graduate Program in Nuclear Sciences and Techniques, Belo Horizonte (MG), Brazil

wilson.ferreira@meioambiente.mg.gov.br

Abílio César Soares de Azevedo

State Environmental Foundation, Belo Horizonte (MG), Brazil

abilio.azevedo@meioambiente.mg.gov.br

Wemerson Rocha Ferreira

Federal University of Minas Gerais, Pos-Graduate Program in Nuclear Sciences and Techniques, Belo Horizonte (MG), Brazil

wemerson.ferreira@meioambiente.mg.gov.br

Antônio Henrique dos Santos

Fundação Estadual do Meio Ambiente, Belo Horizonte (MG), Brasil

antonio.santos@meioambiente.mg.gov.br

Lívia Maria Leite da Silva

Pontifical Catholic University of Minas Gerais, Pos-Graduate Program in Electrical Engineering, Belo Horizonte (MG), Brazil.

liviamarialsilva@hotmail.com

ABSTRACT: The current environmental issue has increasingly demanded, initiatives aimed at finding solutions that can provide a balance between the evolving needs of society and the maintenance and preservation of the environment. In this sense, the instruments for environmental management emerge and are designed to help strategies and decision-making process. For as such instruments can become effective in the pursuit of sustainable development, it is necessary that they be based on a holistic view of all aspects of society, combining economic prospects, political and sociocultural to environmental balance. Thus, this article aims to propose sustainable technological innovation as an environmental management instrument, which can be a potentiating tool of the integration between management tools already established as well as new. This mechanism seeks to attract environmentally friendly solutions both in the development process, with improvements in environmental performance, as the products, adapting them to new market niches.

Keywords *Sustainable innovation, environmental management, management instruments, public policy, sustainable development.*

1. INTRODUCTION

Discussions on environmental policies increasingly converge on issues related to technological change. Social activities are often affected by the characteristics and directions of technological change, and partly, environmental policy interventions can create constraints and incentives that have significant effects on technological development in process. For Freeman (1996) and Ruttan (1996), innovation and diffusion represents the way to the adequacy of technological and social demands with environmental conditions, and for such, a holistic view of the ecosystem conditions and technological sets is necessary.

The construction of innovative technological policies currently represents one of the main challenge for environmentalism, forcing him to abandon a defensive and restrictive stance, front of to the broad possibilities of political and social restructuring in the contemporary world. It is necessary to seek to understand innovation as a complex compatibility formula of a technological system while technical and social environment. According to this notion, it's necessary leave the Cartesian view of technological discussion, in other words, not just replace a power source for another or add a palliative device on certain machines, it is necessary to develop a comprehensive view at building a technical, economic environmental paradigm that modifies the social behavior, consumption patterns, the way of life, so that the technology is considered in a holistic view. It is up to environmentalism, among other contemporary sectors, redeem the innovation of the interior of large corporations and government agencies, and disseminate it to all the social groups, creating conditions for the establishment of plural and efficient environments. The improvement of sustainable organization models, the development of sustainable technologies, management innovations for sustainable development will have more space in future studies.

2. SUSTAINABLE TECHNOLOGICAL INNOVATION - SYSTEMIC VISION

2.1 Dimensions

The concept of innovation is quite varied, depending mainly of its application. Briefly, there are those who believe that innovation is the successful exploitation of new ideas. Among the various possibilities to innovate, those relating to product or process innovations are known as technological innovations. Other types of innovations can relate to new markets, new business models, new processes and organizational methods or even new sources of supplies. The word innovate, of the Latin: "*Innovare*", means making new, renew, while innovation is relating to the act of innovate. In the early twentieth century, the studies of Joseph Schumpeter had a major impact in debate on technological and economic developments. According to Schumpeter (1982), entrepreneurial behavior, coupled with the introduction and expansion of technological and organizational innovations in enterprises is a key factor in the changes in the economic and long-term development. According to Feenberg (1999), the choice or rejection of certain technologies can not be based on purely economic criteria, but in the compatibilization involving behavior and interest of the groups and strategic sectors. Over the past decades, the development of systems theory has provided a basis for integration of knowledge

aimed dynamic interactions through interconnected elements. Thus the determinism which is present in the economic debate on the logic and on the innovation models must be replaced by a systemic approach that does not address only economic choices. In this sense, the economic interests accompany, but do not determine the direction of innovation. In accordance with Latour (1994), the technical project and the social context tend to merge as a strategic action where the innovator monitors the social context and adapt to it, or will not achieve important innovations. According Barbieri (2007) to introduce the term sustainability to technological innovation implies being efficient in economic terms, to respect the environmental carrying capacity and be instrument of social justice, promoting social inclusion, protection of minorities and vulnerable groups etc. Is not enough innovate, but innovate considering the three dimensions of sustainability:

- Economic dimension; concern for economic efficiency, revenue, and generating competitive advantages in the markets;
- Social dimension: concern about the social impact of innovations in human communities inside and outside the organization;
- Environmental dimension: concern for the environmental impacts from the use of natural resources and the emission of pollutants.

The concern in meet these dimensions makes the most demanding process and gives off greater technical effort, settling new tools and models for the management of innovation. According to Barbieri (2010) this is not only the task of companies that want to innovate, but teaching and research institutions, government agencies, standards organizations, civil society organizations in the form of knowledge network. In accordance to Capra (2002) while systems survive, their networks connect to other networks, which means that interacting, the knowledge is learned and organized, while new information is inserted in the environment. Thus, it is no longer possible to conceive of modern technology policy without thinking in terms of network researchers and integrated and interdisciplinary projects.

2.2 Characteristics of sustainable technological innovation

The term sustainable technology differs from environmental technology, both are geared to resolve problems while sustainable technology integrates the three components of sustainable development play a key role in the transition from the current production system to a more sustainable pattern, the environmental technology is not attentive to social and economic aspects. The added value of sustainable technology compared to environmental technology is mainly consider the short-term situation from a long-term perspective. According to Valenduc and Vendramin (1997), this approach has the following strengths:

- It enables a clearer identification in various branches of industry, in the relationship between sustainable technological innovation and structural changes to meet sustainable development;
- It allows a broader perspective of the importance of direct and indirect effects induced on jobs;
- It clarifies the relationship between the dynamics of technological innovation and the concept of qualitative growth;

- It interacts in the relationship between technological innovation and other instruments of sustainable development, such as environmental regulations, economic instruments for environmental management, public policies and increased acceptability of changes.

The environmental technology shows many techniques, projects and small deployments of short-term operational solutions (Add-on) oriented to the problem, which often addresses only one component of sustainable development. These solutions often seem easier to program because it does not require radical changes in the production process. They seek to reduce the amount of matter and energy per unit produced, eliminate toxic substances and tend to increase the shelf life of products, however, may generate unemployment, harm communities or segments of society. Sustainable technology requires interdisciplinarity and shows an integrating context, which may posit further investment, however, generate better competitiveness and long-term cost savings. It is worth noting that the interdisciplinary approach is not just the dialogue between disciplines in the natural and social sciences but also between research and society. According to Barbieri et al. (2010), sustainable technology introduces products, production processes, management and business methods, new or improved with economic, social and environmental benefits. It is not only to reduce negative impacts, but to advance in net benefits. Therefore the condition of comparison between relevant alternatives is essential to the expected benefits. The evaluation of the consequences, within the three spheres of sustainability should be part of the innovation process.

3. ENVIRONMENTAL MANAGEMENT TOOLS

The environmental management approach can be considered from two points of view: the first involves an integrated approach that seeks to involve issues that interact in the natural environment or built; and the second covers public health, territorial planning and the interactions between different systems. According to Groenewegen & Vergragt (1991) apud Crazza (2003) the contributions of environmental management are grouped into three areas: production, innovation and strategic. In the productive area, the environmental management interferes in the control of respect to public regulations by the various operating divisions and implementing environmental actions. In the area of innovation, a environmental management provides a double technical assistance: on one side following the regulatory devices and ecotoxicological assessment of products and emissions and of the other contributing to the definition of product and technology development projects. And in the strategic area, environmental management generates assessments of the potential for development and on emerging environmental restrictions. In this context, it highlights the Green Strategy Oriented to Innovation, which according to Azzone, Bertele & Noci (1997) can be introduced in innovations in processes, environmental improvements for the company or in product innovations, creating new market requirements. The financial, technological and organizational resources are critical to the success of this strategy, as well as high environmental aware of employees and a constant search for environmentally friendly solutions through renewable or recyclable raw materials that do not harm the environment and that have low energy consumption. Still, as Boschetti & Bacarji (2010) when the theme is management, it is important to highlight the planning process and this, in the environmental area is revealed as an

efficient instrumental resource to be used in environmental management. The environmental planning stands out on the need to develop projects that discussing instruments and that instituting mechanisms to minimize impacts on the environment coupled with the sustainability context.

The environmental management tools operate as an auxiliary tool in the planning process and in the theme of environmental management in order to integrate all activities strategically. Use environmental management tools is a better way to manage the demands and the creation of processes and environmentally friendly products in order to project the growth sustainably market.

To resolve environmental issues in recent decades, governments are using environmental management tools, with varying degrees of success. In the problems of industrial and urban pollution, called brown agenda, these instruments can be divided into two main: regulatory instruments, or instruments of command and control type (C&C); and market instruments, or economic instruments (EIs). According to Mendes & Seroa da Motta (1997) there are two types of economic instruments classification:

- Incentives that act in the form of awards - subsidized credit, tax breaks and other financial facilities for tax burden reduction effect; and
- Incentives that work in the form of price - these are all mechanisms that guide economic agents and enhance the environmental resources and services according to their scarcity and opportunity cost.

In Brazil, within the category of subsidies on less harmful products and technologies, highlight it the Incentive Program for Alternative Sources of Electric Energy (Programa de Incentivos às Fontes Alternativas de Energia Elétrica - PROINFA), created by Decree N°. 5.025/04. The goal was to promote the diversification of the Brazilian energy matrix, seeking alternatives to enhance security in the electric power supply, and allow the appreciation of the characteristics and regional and local potential.

New environmental instruments are gaining importance in the negotiation and the need to seek an effective "conciliation" between the parties, always anchored in the concept of "sustainable development" for the search for an integrative approach: integrate development with the sustainable use of resources, integrate command and control instruments traditionally applied to the environment with economic instruments, integrate public and private actors in environmental management, integrate the dynamics of local environmental issues with the global.

The environmental management instruments used in the public sector are: quality standards, environmental indicators, environmental impact assessment, evaluation methods and elaboration of studies (environmental impact study / environmental impact report, environmental control report and environmental control plan), strategic environmental zoning, command and control instruments , economic instruments, monitoring, ecolabels, environmental audit, integrated environmental assesment, strategic environmental assessment, among others. In the private sector: Assessment Program responsible, ISO 14000, environmental management system, environmental auditing, environmental performance evaluation, environmental indicators, life cycle analysis and others.

4. SUSTAINABLE TECHNOLOGICAL INNOVATION AS ENVIRONMENTAL MANAGEMENT INSTRUMENT

Given the increasing demand for environmental resources, not all existing technologies are long-term, adequate to ensure sustainable development. During the environmental licensing process should be a technology research process, seeking to assess the most appropriate. In this sense, this study proposes a new environmental management instrument that promote a comparison between technologies to meet the objectives of sustainable development. In conjunction with this instrument, it must make use of quality management tools to verify compliance with performance targets.

4.1 Management instrument

The proposed instrument consists of three stages: creation of a knowledge network to expand the basis of the technical studies of the licensor; listing and definition of the parameters to be analyzed; and the use of a matrix analysis tool to aid decision making.

4.1.1 Knowledge Network

The creation and development of a knowledge network is crucial to assist and expand the technical knowledge and institute systemic perspective on the licensing process. The systems thinking, as opposed to analytical thinking that is reductionist, believes that to know a subject is necessary to see it in context and understand the interrelationships between the parties, considering that the whole is not only the result of the sum of the parties, but rather, a result of the synergistic integration between the parties in constantly evolving. The network is scoped to promote environmental policies and the transfer of knowledge and technologies, including the encouragement of sustainable innovations, good practices of industrial production and diversification of energy matrix through renewable sources, in order to deal with the issues of innovations technological, energy management, environmental regulation and use of environmental resources in a context of sustainability. This network aims to encourage the expansion of knowledge of the technicians involved in environmental licensing, in terms of comparative analysis of technologies.

4.1.2 Indicators

The indicators or parameters to be used in the analysis may vary between the different technological innovations, being for product or process. This study suggests some, such as life cycle analysis, energy efficiency, renewable energy use, greenhouse gas emissions, noise pollution, self-sufficiency in relation to energy consumption, efficient use of environmental resources, water consumption, flexibility of uses, rehabilitation of the built environment, natural and technological risks, integration and social inclusion. The knowledge network is paramount to assist the definition of the parameters to be used in a multidisciplinary context.

4.1.3 Support to decision-making

For the evaluation of technologies, product or process, must be performed the analysis of parameters or indicators associated, through the use of a decision-making support instrument. The instrument chosen was the method called Analytic Hierarchy Process

(AHP) developed in the 1970s by Prof. Thomas Saaty, in the Wharton School of the University of Pennsylvania. The AHP aims to support the analyst to choose and justify his choice and is based on mathematics and psychology. The central idea of this method is the study of systems in a comparison sequence in pairs that allows us to understand, how to make judgments in values that satisfy the wide optimization, according to multiple criteria. The use of the method is carried out in the decision making process, minimizing its flaws. Once the hierarchy is built, decision makers systematically evaluate its various elements, comparing them to each other in pairs. To making comparisons, they can use concrete data about the elements or can use their judgments about the relative significance or importance of the elements. The AHP converts the judgments into numerical values that can be processed and compared considering all extent of the problem. According Saaty (1980), it is considered the elements of a given hierarchical level, and then, it is determined the weights of the elements in relation to an element of the next higher level of the comparison matrix by pairs, by calculating the eigenvector. Thus, being a_{ij} the value obtained by comparison in pair of the element i with the element j , the matrix formed by these values is the matrix called A , where $A = (a_{ij})$, and this matrix is a reciprocal matrix such that $a_{ij} = 1/a_{ji}$, wherein, if the judgments were perfect in all comparisons would be possible to verify that $a_{ij} \times a_{jk} = a_{ik}$, for any i, j, k . For this procedure the matrix A should be consistent. However, it is sometimes observed some inconsistency in judgments, a fact which is admitted by the AHP. The nearer the value of $\lambda_{m\acute{a}x}$ is of n , the greater the consistency of judgments (Gomes et al., 2004). Saaty (1980) showed that, being A , the matrix of values, must be found the value that satisfies Equation 1:

$$A_w = \lambda_{m\acute{a}x} \times \omega \tag{1}$$

To obtain the eigenvector from Equation 1, one has Equation 2:

$$\lambda_{m\acute{a}x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n j_i \frac{(A\omega)_i}{\omega_i} \tag{2}$$

Still according with Saaty (1980), the matrix A is consistent if, and only if, $\lambda_{m\acute{a}x} \geq n$. If the matrix A is consistent, the magnitude of the disturbance is calculated using the Consistency Index (CI), which must have a value of less than 0.1, through Equation 3:

$$I_c = (\lambda_{m\acute{a}x} - n)(n - 1) \tag{3}$$

Saaty (1980) proposes the calculation the Consistency Ratio (CR), which is the ratio of the Consistency Index (CI) by Randomic Index (RI). This calculation provides as a result a new vector in which each element is divided by the corresponding element of eigenvector and the results are summed, then calculating the average.

$$R_c = \frac{IC}{IR} \tag{4}$$

The Randomic Index (RI) is a random index, calculated for square matrices of n order by the National Laboratory of Oak Ridge in USA. Table 1 shows some values.

Table 1 - Values of RI for square matrices of n order

		Values of RI				
n	2	3	4	5	6	7
RI	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32

Source: Gomes et al, p. 48, 2004.

Due the so-called psychological limit, according to which the human can, at most, judge correctly 7 ± 2 points, that is, a maximum nine points (parameters to be analyzed) to distinguish their differences, Saaty (1980) defined a Fundamental Scale which is presented in Table 2:

Table 2 – Fundamental Scale of Saaty (1980).

FUNDAMENTAL SCALE OF SAATY		
1	Equally important	The two alternatives contribute equally to the goal
3	Small importance of one over the other	Experience and judgment favor one activity over another
5	Great or essential importance	Experience and judgment strongly favor one activity over another
7	Importance too large or demonstrated	An activity is very strongly favored over the other. It could be demonstrated in practice.
9	Absolute importance	The evidence favors one activity over another, with the highest level of security
2, 4, 6, 8	Intermediate values	When it searched for a compromise condition between two settings

Source: Gomes et al, p. 48, 2004.

The Classic AHP method utilized considers many imponderables or unmatched aspects among themselves, therefore, the values assigned to the comparison should be listed subjectively using a multidisciplinary team. This method calculates the value of the impact of the j alternative in relation to i , where results represent numerical values of the verbal assignments given by decisor in each comparison of alternatives. It used the Equation 5, which corresponds to the number of alternatives or compared elements.

$$\sum_{i=1}^n \bar{v}_i(A_j) = 1 \quad j = 1, \dots, n \quad (5)$$

Each part of this sum consists of:

$$\bar{v}_i(A_j) = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad j = 1, \dots, n \quad (6)$$

This causes the priority vector of the alternative i with respect to the criterion C_k , is:

$$\bar{v}_k(A_i) = \sum_{j=1}^n \bar{v}_i \frac{(A_j)}{n} \quad i = 1, \dots, n \quad (7)$$

According to Saaty (1980), after obtaining the vector of priorities or impact of the alternatives under each criterion C_k , it is necessary to continue with the level of the criteria. It is adopted then again, the verbal scale for the classification in pairs of the criteria, which are normalized in according the equation:

$$\bar{w}_i(C_j) = \frac{C_{ij}}{\sum_{i=1}^m C_{ij}} \quad j = 1, \dots, m \quad (8)$$

Which corresponds to the number of criteria of the same level. The main vector is given by:

$$\bar{w}(C_i) = \sum_{j=1}^m \bar{w}_i \frac{(C_j)}{m} \quad i = 1, \dots, m \quad (9)$$

Finally, a process of aggregation allows to generate the final values of the alternatives, ordering them by Equation 10, where n is the number of alternatives:

$$\bar{f}(A_j) = \sum_{i=1}^m \bar{w}(C_i) \times v_i(A_j) \quad j = 1, \dots, n \quad (10)$$

4.2 - Performance goals

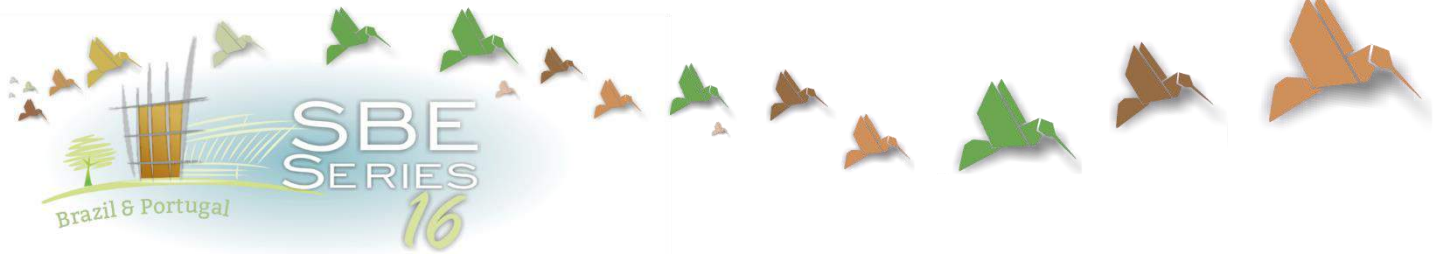
For the environmental management instrument proposed has excellence is required that the managers seek to evaluate the performance targets over time, and its use in assessments of the decision making. These goals are long term and based on the best environmental performance. Therefore, it is essential the use of a quality management tool to assess the instrument's efficiency, in addition to the talents and skills of the professionals involved. The tool chosen was the *PDCA* (Plan-Do-Check-Adjust), which consists of an iterative method of four-step management, used for the control and continuous improvement of processes and products. The basis of this tool is in the repetition. It is applied successively in the processes aiming to improve continuously. In this context, planning, standardization and documentation are important practices as accurate measurements. The PDCA cycle has as the initial stage the planning of the action then everything was planned is executed, generating subsequently the need for constant checking of these actions implemented. Based on this analysis and comparison of actions with what was planned, the manager then begins to implement measures to correct the failures that arose in the process or product.

5. CONCLUSION

As seen, sustainable innovation does not follow a linear path, but it is an interactive process between different actors and involves continuous feedback loops between the different stages. An innovation policy must be linked to sustainable development so that they can influence each other over time, to tackle the barriers to technology diffusion and trade-offs between the economy, society and the environment. Given the increasing demand for environmental resources, not all existing technologies are long-term, adequate to ensure sustainable development. During the environmental licensing process should be a technological research process seeking to assess the most appropriate technology. In this sense, this study presented a new environmental management instrument that causes the comparison between technologies to meet the objectives of sustainable development. This instrument consists of three stages: creation of a knowledge network to expand the basis of technical studies of the licensor, listing and definition of parameters to be analyzed and the use of a matrix analysis tool to aid decision making. Finally, pointed it the use of quality management tools to verify compliance with the performance targets. This environmental management instrument can be a potentiating tool of the integration between management tools already established as well as new. Such mechanism seeks to attract environmentally friendly solutions both in the development process with improvements in environmental performance, as in the products, adapting them to new market niches.

REFERENCES

- Azzone, G.; Bertelè, U.; Noci, G. At last we are creating environmental strategies which work. *Long Range Planning*, v.30, n.4, p.562-571, 1997.
- Barbieri, J. C. et al. Inovação e sustentabilidade: novos modelos e proposições, RAE, v. 50, n. 2, 2010.
- Barbieri, J. C.; DIAS, M. Logística Reversa Como instrumento de programas de produção e consumo sustentáveis. *Revista Tecnológica*, São Paulo, Ano VI, nº 77. 2002.
- Boschetti, A.F; Bicarji, G.A. Instrumentos de Gestão Ambiental: Uma Ferramenta para Competitividade. In. Anais Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, Resende, 2010.
- Capra, Fritjof. O Ponto de Mutação: A Ciência, a Sociedade e a Cultura emergente. 23ª ed. Trad. Álvaro Cabral. São Paulo, SP: Editora Pensamento-Cultrix Ltda, 2002.
- Feenberg, A. Questioning technology, London, Routledge, 1999.
- Freeman, C. The greening of technology and models of innovation, *Technological forecasting and social change*, v. 53, n. 01. 1996.
- Gomes, L. F. A. M., Araya, M. C.G., Carignano, C. 2004. Tomada de Decisão em Cenários Complexos, pp.41-61.
- Groenewegen, P.; Vergragt, P. Environmental issues as treats and opportunities for technological innovation. *Technology Analysis and Strategic Management*, v. 3, n. 1, p. 43-55, 1991.
- Latour, B. Jamais fomos modernos, São Paulo, Ed. 34, 1994.
- Mendes, F. E.; Seroa da Motta, R. Instrumentos econômicos para o controle ambiental do ar e da água: uma resenha da experiência internacional. Texto para Discussão nº 479. Rio de Janeiro: IPEA, 1997.
- Ruttan, V. Induced innovation and path-dependence: a reassessment with respect to agricultural development and the environment, *Technological forecasting and social change*, v. 53, n. 01. 1996.
- Saaty, T. L. The Analytic Hierarchy Process. N. York: McGraw-Hill, 1980.
- Schumpeter, J.A. Teoria do desenvolvimento econômico. São Paulo, Abril (Os pensadores), 1982.
- Vendramin, P; Valenduc, G. O desenvolvimento rural na sociedade da informação. Relatório do grupo de peritos de alto nível sobre os aspectos sociais da sociedade de informação. Direção Geral V da Comissão Europeia, Bruxelas. 1997.



An assessment of the CASBEE sustainability certificate in the context of Brazilian urban projects

Rafael Carvalho de Souza

Federal Fluminense University, Department of Post-graduation Studies in Civil Engineering, Niterói (RJ), Brazil
rafcs@oi.com.br

Luciene Eveline Semedo Vaz

Federal Fluminense University, Department of Post-graduation Studies in Civil Engineering, Niterói (RJ), Brazil
lucienesemedovaz@gmail.com

Ana Lúcia Torres Seroa da Motta

Cologne University of Applied Sciences, PhdInstitut für Technologie in den Tropen, Engineering Sciences Centre, Köln-Deutz, Germany
anaseroa@gmail.com

ABSTRACT: In most studies, it has been taking into account the performance assessment of construction, without addressing or addressing insufficiently, the urban context in which it is inserted: the environment, the neighborhood, the city. As cause and consequence of this situation, many of the built environment promotion policies are directed solely to the construction, while larger scale projects are at the mercy of a few indicators, hampering the assessment work of funding agencies. These criteria have been defined by the various institutions that develop methods of environmental assessment, some of which granting certification to the enterprise. This paper aims to consider one of these methods, CASBEE method - *Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency*, administered by IBEC - *Institute for Building Environment and Energy Conservation*, based in Japan, the only one, so far, that assesses the scale of the city instead of the neighborhood/district scale. As a result, this paper presents the adjustments that must be made on some criteria of the method in question, so that it can be used in Brazilian context.

Keywords *Civil Construction, Urban Design, Urban Sustainability, Environmental Assessment Methods, CASBEE.*

1. INTRODUCTION

1.1 Characterization of the problem

Taking as analysis the discussion of certain methodologies for classificatory environmental assessment and their related criteria, ways of adapting international certifications to the Brazilian scenario will be marked distinguishing their maladjustments and indicating proposals for how to improve them.

Thus, the knowledge of the study about urbanism begins to be seen and bring concern from the urban agglomeration of cities in the first industrial revolution with the garden cities movement. The shift to looking for work and livelihood caused the rural exodus, the main cause of the growth of cities. Therefore, the cities were the highlights of studies to advance the living conditions of its residents.

The urbanism is a very current theme, but not insignificant or irrelevant. It starts in 1867, with the creation of the neologism *urbanización* that means "action in the city" by French Ildelfons Cerdà. In science, the cities were addressed through geography and sociology, with the basis of the study of the society and the earth; in urbanism and in architecture, brought information about the built environment and the comfort; in economics and management, with the idea of capital, the labor and organization.

In the view of those who study sustainability and its urban projects, it was the Brundtland Report (Our Common Future, 1987), which mentions sustainability as ¹"Development that satisfies present needs without compromising the ability of future generations to supply their own needs". Then, five years later, the United Nations - UN - draws up the Agenda 21 in the scope of the United Nations Conference on Environment and Development (UNCED), popularly known as ECO-92 (1992), a plan of goals for the nations seek better living conditions.

The sustainability of the city is clear in one of its proposals by Brazilian Agenda 21, as Bezerra and Fernandes (2000 apud NEGREIROS 2009):

² To promote the production, review and implementation of directive plans and of edificial and urban legislation of municipal competence, namely, of usage and occupation laws, of division and subdivision of the urban area, of works and buildings codes, of postures and health codes, aiming the introduction, where normative and legal provisions to ensure the sustainability of cities are applicable.

In this context, society reacts to the other United Nations conferences on the environment confirming their importance, such as the Rio + 20, from which Bonduki (2012) mentions how superficial was treated the "sustainable cities" theme.

1.2 Objective

The objective of this paper is to analyze the environmental assessment method called CASBEE - Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency. The choice of this method is due to the fact that it presents some criteria that the authors

¹ Free translation of the original text.

² Free translation of the original text.

consider to be adaptable to the context of the Brazilian urban projects. It is expected to contribute to building assessments to assist the government, the professionals from the sector of the built environment and funding agencies that promote, develop, finance and produce more sustainable urban projects.

1.2.1 Specific Objectives

Diagnosing the assessment procedures and practices of CASBEE method;

Scoring the best practice to adjust Brazilian standards;

Considering the regional economy in the various city systems;

Determining the aspect attached to the urban projects in CASBEE certificate.

2. DEVELOPMENT

2.1 Methodology and action strategy

The methodology used in this paper consists of revising the bibliography related to classificatory environmental assessment methods, based on those used for calculation of environmental performance built on an urban scale. Classificatory assessment methods are quantitative character assessment procedures, which give certification (NEGREIROS; Abiko, 2009).

The basis for the development of this paper was based on Bueno master's thesis (2010), in which the author addresses four certification standards directed to buildings motivated by the increasing of the production of social housing and its problematic related to the quality of the housing units built at low cost.

Essentially, the certifications that are of interest to the objective of the work are identified, by drawing a brief overview of the state of the art and technology. Next, the most relevant certifications to the assessment of urban scale are preferred and described, showing the reason for the choice and their degree of relevance to the study, systematizing them in order to build a proper analysis model.

In accordance with Bueno (2010): "Adequacy to the studied regulation", "applicability in the Brazilian context" and "regional flexibility" are defined as marking criteria. These criteria were adapted for the assessment of the urban environment, as explained below:

1. Adequacy to the studied regulation: the values required by the certifications shall be greater than or equal to the values of national standards.
2. Applicability in the Brazilian context: the credits must be consistent with Brazil in cultural, geographic and economic terms, as well as the technical and applied practices.
3. Regional Flexibility: requirements must be flexible, adapting to regional contexts so different, present in a country of continental proportions like Brazil.

The criterion of "relevance to the determination of environmental performance" was not included due to unsuitability to the object of this dissertation. In the case studied, what is at stake is not only the environmental performance of certifications, but also a general analysis of sustainability, which the environment is a part, as well as the economy and society.

The assessed criteria of CASBEE are succinctly explained throughout the paper and can be found best described in its own documentation.

For urban environment assessment, it has been adapted to urban environments nine assessment categories defined by Bueno (2010). They are listed below:

1. Design process and popular support: it assesses the practice of urban design.
2. Connections: it relates the question of the project's connections with its urban infrastructure systems.
3. Implementation: it refers to issues related to the land and the ground.
4. Resource consumption: it refers to the consumption of water, energy and materials.
5. Emissions: it refers to the emission of carbon dioxide and other greenhouse gases during construction, most important during operation.
6. Comfort: it addresses issues relating to thermal comfort, acoustic, luminal, ventilation, especially physical issues, but also landscape and psychological ones.
7. Services and integration: it includes all services systems such as trading, security, education, leisure and health. And yet forms of control of systems addressed in category Connections.
8. Economic aspects: it includes aspects related to the financial system and economic welfare.
9. Planning of the operation and urban management: the operation, main and broader point of an urban project, is assessed in this category.

The bibliographic search was made in books, articles, dissertations, theses, manuals, documentation published in academia, and internationally to capture ideas and successful experiences. Legislation and relevant resolutions. Journals of scientific and technical information, and available sources from the internet.

To understand the scale of the problem there were also made research on case studies turned to management and sustainability in construction. The documentary research was done in library collections, databases, environment, environmental plans and projects.

2.2 Analyses of CASBEE-City System

It was found a number of certifications, standards, codes and unique seals for the urban context, including two Brazilians, among which are mentioned: HQE (France), BREEAM (England), LEED Neighborhood Development (United States), Vanzolini AQUA (Brazil), CASBEE (Japan), SmartCODE - CNU, ISO 14000, ISO 9001, Seal Qualiverde (County of Rio de Janeiro).

The CASBEE is a Japanese seal that assesses buildings, and in 2008, according to its technical documentation (COMMITTEE FOR THE DEVELOPMENT OF AN ENVIRONMENTAL PERFORMANCE ASSESSMENT TOOLS FOR CITIES 2011), was chosen to serve the federal program "Eco Model city project" as a basic assessment tool due to its clarity, reliability, safety and utility.

It is addressed the quantitative data assessment directly taken from Japanese federal agencies as Statiscs Bureau, Japan Sewage Works Association, and the National Police Agency. With holistic approach, it distinguishes criteria to be analyzed in the form of percentage rates spontaneously obtained in the Japanese landscape. The data are of such understandable nature that counts on historical series. This certification includes a chapter that deals with policy options and programs to be stipulated over the years for maintenance and confirmation of the achieved *benchmarks*.

The certification procedure in a simplified way is the calculation of a quotient. The numerator is defined as the quality of the city (Q), while the denominator is its environmental load (L). Both factors are calculated according to an average of the certification criteria. In each criterion, it is presented an indicator and a scale of five intervals where each interval is associated with a score of 1 to 5. Indicators are many, but simple and sometimes take the form of only one value, such as in "Policies and efforts to life in society", which assesses the amount of government programs that serve the population. At other times, take the form of percentage, for example, in "domestic waste recycling rate", which is the ratio of recycled waste and waste produced.

2.2.1 CASBEE - City to the Brazilian context

The CASBEE displays the complexity of the city analyzing in detail in several interconnected systems. Some of those much commented in Brazilian research had few inadequacies, such as Residence in "adequate quality of residence standard" and Natural growth rate in "rate of population growth due to births and deaths." While others, rarely discussed, but also necessary for the welfare of the residence and of the human being, had a higher number of inadequacies. These are presented below.

The calculation of the environmental load denominator (L), based on emissions of carbon dioxide and other greenhouse gases, is the main point of this analysis. It is from the relationship between the city's quality of life and its environmental liabilities that the certification generates the notes and ratings. However, the emission calculation method is based on the Japanese standard. Moreover, this calculation is calibrated for Japanese average related to the year 2005. This may cause distortions in the Brazilian case.

The effectiveness in public transport is a component of complex analysis in the Brazilian panorama, not only by the difficulty of adapting to the established standards, but also by the difficulty of subsidies on the subject. Usually city governments do not have studies in these areas, and few are those who have transportation master plans as well as this is a legal obligation only for large cities.

A suitable predicate of the housing pattern is measured according to the area of the housing unit per capita, which, despite being an interesting reference, it is difficult to reach in Brazil, especially in cities with a broad range of urban area already consolidated and not showed a concern to accumulate this element in their municipal building approvals.

CONAMA resolution 03/1990, which determines the coefficients of substances in the air, have distinct standards of those stipulated by the seal. However, prosaically, they are even more restrictive. A question of subversion lies in the responsibility for air quality, since the noise level in Brazil is monitored directly in vehicles, not in residences.

The analysis of how well suited a city is with analogy to natural disasters that can occur is compromised. The seal of a country as different as Japan is, compared to Brazil should be changed. There is no intention to use as a generic reference the areas of public facilities that can serve as shelters are still attached to the Japanese inclement weather, as the occurrence of earthquakes, as only the facilities that are certified are recorded. To be used in Brazil This identifier would need to be reviewed and trampled on regional inclement weather, such as drought or flooding events.

Culture services are analyzed with indexes without access in Brazil. It also occurs with the daycare service and the rate of population growth due to migration. The first related to the possibility to be assessed with the difference between the number of children up to four years enrolled in daycare services, would not properly consider the condition of the city. The second could be found with a survey by the Brazilian Museums System that contains such data, or even, particularly in each city museum. The reason for which there are instances of children who have family members who can take care of them. Finally, the rate of migration could only be analyzed with own tests subsidy and these elements are not assessed so segregated at the municipal level by statistical offices.

The last fact of unconformity, which will consist of explanation, is the number of policies for environmental improvement and biodiversity. This is an artifact of simple acquisition. The fear of its analysis, however, is that certain federal policies, not developed fully in a certain county, could be introduced and conceals the results. This set, in order to have regional flexibility, that this critical judgment would need to be adapted to house only municipal policies, or policies, which have some sort of self-analysis with respect to their local results.

It is permissible then congregate the non-conformities found in three types: - The first, most common, is related to the calibration of the indexes and the analogy standards. As this is a Japanese certification, it is to aim that is linked to the panorama of the country. The simple way to get these inadequacies would be through its adjustment to the Brazilian indexes. A second way of non-conformity is the lack of information required in Brazilian researches or agencies, whereas the third and last one is more of a concern than a mismatch. Certain indexes can be misinterpreted, even with the current effort in the manual to emphasize that types of buildings, areas or policies should be recorded.

3. CONCLUSÃO

The certificate analyzed, except for the fact of having a high concentration of unadjusted critical, considers various aspects attached to urban projects. Its treatment, consists of environmental conditions, labor relations or housing welfare, which are essential for a high note in CASBEE-City labor, and therefore to a "good city", established by the same foundation of sustainability: economic, social and environmental factors, certifying the quality of life. Therefore, it is evident the need to comply more jobs that point to analyze environmental assessment methods in order to collaborate with the construction of criticism that support the government, the professionals of the built environment sector and funding agencies that require, architect, finance and produce more sustainable urban projects.

There are several artifacts that are valued by services in the city. Fifteen of the forty-two criteria assesses, through indicators per capita, the availability of these systems. Two

assessments can be done on these indexes. On the other hand, notes like these disguise the real effectiveness of the service given that central neighborhoods, with more choice, end up increasing the overall rate of the city even if peripheral areas with few facilities. However, this analysis does not value the "cut-neighborhood", but the city as a whole.

Although the per capita rates levied a lack of CASBEE-City, it is essential to verify that was implemented a policy that subsidizes the reduction of this misunderstanding, as already explained, at the "Efficiency of public transport." Therefore, people's access to services is guaranteed.

Certain regional economy considerations lead to many city systems. Then, one of the main systems of the city is the exchange and trade ones. The trade vitality of the city is mostly seen in the CASBEE-City through the indicator "Equivalent index of the number of people visiting the city" that, even before the measurement difficulty, is calculated, even if indirectly. The seriousness that is given to trade for the good life in the city is, therefore, ratified.

The citizen, as part of the city, should feel at ease, comfortable, nothing despite amortize its impacts. The criteria encompassed in Emissions and Comfort outline a scenario of quality of life that residents have at their disposal of the environmental perspective and, from a more general outline, also the quality of the environment. The sound attribute is a component that outlines this correctly: it can be used vehicles, as soon as the noise caused not intervene in the other city functions such as the reside one.

Different criteria tend to the welfare of citizens, even outside those categories, such as "adequate provision of parks and open spaces" that does not edify the city, but preserves the landscape quality and the friendliness of the way.

The disengagement and access to city services, a good trading system, the human welfare and the reduction of their impacts are assessed in CASBEE-City and confirm the operation of the city as a set of interconnected systems. Leisure, sewage, traffic, security, education, health, information technology, and politics are only a few systems assessed in the seal, but they are present in any city, promoting exchanges and improving the quality of life for their residents.

REFERENCES

- BERKE, P. R.; GODSCHALK, D. R.; KAISER, E. J. ; RODRIGUES, D. A. Urban Land Use Planing. United States: *University of Illinois Press*, 2006.
- BRASIL. Estatuto da Cidade: *Lei 10.257/2001 que estabelece diretrizes gerais da política urbana*. Brasília, Câmara dos Deputados, 2001.
- BRUNDTLAND, Gro Harlem -- "Our Common Future - The World Commission on Environment and Development" - Oxford University, *Oxford University Press*, 1987.
- BUENO, C. *Avaliação de desempenho ambiental de edificações habitacionais: análise comparativa dos sistemas de certificação no contexto brasileiro*. Brazil (São Paulo): Universidade Federal de São Carlos. 2010.
- CONAMA, *Resoluções do CONAMA nº 3*, 2nd. Edition, Brasília, 1990.
- FARR, D. *Sustainable Urbanism: Urban Design With Nature*. United States: Wiley, 2007.
- JACOBS, Jane. *Morte e vida das grandes cidades*. São Paulo: Martins Fontes, 2000.
- MEADOWS, D. et al. - *The limits of growth* - Universe Books. New York, 1972.
- NEGREIROS, I.; ABIKO, A.K. Diretrizes para Projetos de Loteamentos de Projetos Urbanos Considerando os Métodos de Avaliação Ambiental. Boletim Técnico BT/PCC/526. *Boletim Técnico* -

Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
São Paulo, 2009.

ROGERS, Richard - "*Cities for a smallplanet*"; edited by Philip Gumuchdjian, United States of America,
Westview Press, 1998, 180p.

THE COMMITTEE FOR THE DEVELOPMENT OF AN ENVIRONMENTAL PERFORMANCE ASSESSMENT
TOOLS FOR CITIES. *CASBEE for Cities Technical Manual*. Japão: Japan sustainable Building, 2011.



Sustainable building: Assessment tool in brazil

Bruna Farhat Matos

Federal University of Juiz de Fora, PROAC, Juiz de Fora (MG), Brazil

brunafarhat@yahoo.com.br

Maria Teresa Barbosa

Federal University of Juiz de Fora, Juiz de Fora (MG), Brazil

teresa.barbosa@engenharia.ufjf.br

Maria Manuela Almeida

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal

malmeida@civil.uminho.pt

Camila Condorelli

Federal University of Juiz de Fora, Juiz de Fora (MG), Brazil

Júlia Furtado

Federal University of Juiz de Fora, Juiz de Fora (MG), Brazil

Leander Braga

Federal University of Juiz de Fora, Juiz de Fora (MG), Brazil

ABSTRACT: The concepts about sustainable development include the environmental, economic and social sustainability, emphasizing the quality of life of people and communities. In the case of Brazil, the investment in this field can be considered as being recent in what to the scientific research is concerned. The country does not have a wide database regarding its five regions, capable of covering aspects such as climate, along with the social, cultural and economic reality. Furthermore, in Brazil does not yet exist an assessment tool that may be able to answer to all the country's questions. In this context, this paper aims to contribute to the development of new assessment strategies by introducing the national panorama of certified buildings and taking into account the current conditions and the differences between the five main regions in which the country is divided: Midwest, Northeast, North, South and Southeast. It is intended to help the professionals that work on this subject and to support sustainable development in the Construction Industry in Brazil.

Keywords *assessment tools, regions of Brazil, Brazilian database, green building.*

1. INTRODUCTION

Brazil is the fifth largest country in the world with 3,287.956 square miles, 5,570 cities, and 27 states divided into five regions (North, Northeast, Southeast, South and Midwest). This division in regions and states enables the planning of political actions directed for regions with similar characteristics.

There are four different time zones, as well as four climatic regions in Brazil (equatorial climate, tropical climate, subtropical climate and quasi arid climate), which explain the different construction practices and building types. In this context, the global interest about the sustainable development in the Brazilian construction industry is promising. However, a definition for this segment is complex as it is divided into many parts despite the several incentives in recent years, which are, however, timid when compared with the rest of the world.

In the last 14 years, the Brazilian GDP per capita increased 21.4%. Economic growth is directly linked with education, being that, currently, higher education is represented by 2,416 institutions, being 87.4% of them private and 12.6% public institutions. The number of graduate students in 2012 has more than doubled when compared with 2002, increasing from 467,972 to 1,050,413 professionals. 74,539 of these students belong to the fields of engineering (engineering of production and construction (building) is 7% of the total). However, Leite (2013) states that the number of graduated professionals is not enough since the demand for houses in 2010 has grown 28% when compared to the year 2000. (MEC/INEP (2012))

According to the GBC Brazil (2014), the main concentration of professionals of the construction industry is located in the Southeast, with 67.24% in São Paulo followed by 8.37% in Rio de Janeiro. A general analysis of higher education institutions, both public and private, shows that the situation is not different regarding the students of engineering since the Southeast stands out with 49% of the country's total.

In this context, it is worth mentioning the several global meetings on the topic of sustainable development that have been taking place and the numerous governmental organizations that have offered and periodically updated the Sustainable Development Indicators in accordance with the Commission on Sustainable Development. In Brazil, the Brazilian Geography and Statistics Institute (IBGE) has been undertaking that research since 2002 focusing on four aspects, summarized below (IBGE, 2015):

- i) *The environmental dimension*: it refers to the use of natural resources and environmental degradation, and is related to conservation objectives and environmental preservation, being considered as essential for the quality of life of the present and future generations. These issues appear organized in 20 (twenty) indicators arranged according to aspects such as atmosphere, earth, water, oceans and seas, biodiversity and sanitation;
- ii) *The social dimension*: it concerns objectives related to the satisfaction of human needs, improvements in the quality of life and social justice. The 21 (twenty one) indicators are arranged by population, labour and income, health,

- education, home and security, aiming to depict the educational level, income distribution and living conditions;
- iii) *The economic dimension*: is concerned with the use of natural resources, industrial production and waste management, energy use and its connection with the financial performance of the country. This dimension refers to the efficiency of production processes and changes in consumption patterns, being organized in 12 (twelve) indicators;
 - iv) *The institutional dimension*: is concerned with the political orientation, the ability and effort spent by governments and society towards the effectuation of changes required for an effective implementation of sustainable development, and is presented in 9 (nine) indicators.

However, the characterization of the Brazilian Building Industry is complex since it involves of a variety of supply sectors along with the fact that some of them do not contemplate aspects of sustainability. Taking in consideration that the adoption of green building practices can minimize the social, environmental and economic impacts in the country, the following topics provide features about the characteristics of five different regions of Brazil, providing an understanding of the Brazilian Building, which is the highlight of this work.

2. ASSESSMENT TOOL IN BRAZIL

Many assessment tools have been developed in several countries - United States, Canada, France, Portugal, among others - that involve the assessment of alternative scenarios based on different criteria as, for example, environmental (energy consumption, CO₂ emissions, environmental performance), economic (life cycle costs, capital cost, durability), and social (thermal and acoustic cost, quality of the air) (Diakaki et al., 2010; Cox et al., 2014).

In the case of Brazil, there is the Brazilian Sustainable Building Council (www.cbcs.org.br) (CBCS, 2015), as well as several research centres and agencies involved in the issue in question. However, the Brazilian assessment tools are international adaptations and do not properly take into consideration its own characteristics.

In Brazil, the most nominated and commercially accepted assessment tools, given that they analyze a variety of aspects of the building (deployment, water and energy efficiency, environmental comfort, performance of the materials, among others), are:

- i) LEED certification (Leadership in Energy and Environmental Design): US Green Building Council (2014) in which Brazil occupies the first position in Latin American and the third among the countries with the highest number of LEED, behind the United States and China (GBTOOL, 2014; Matos, 2014);
- ii) AQUA (adapted the HQE (Haute Qualité Environnementale des Bâtiments)): has a less significant application in Brazil (less than 18% when compared with LEED) (Matos, 2014; AQUA, 2014).

The LEED assessment tool aims to identify the efficiency and environmental performance of the building through an evaluation system based on credits, in different levels of environmental performance: Certificate (minimum 40 points), Silver (minimum 50 points), Gold (minimum 60 points), and Platinum (over 80 points). Emits the following categories (USGBC, 2013) in the following versions: LEED Core & Shell, LEED New Construction & Major Renovation, LEED for Commercial Interiors, LEED Existing Buildings – Operation and Maintenance, LEED Retail, LEED for Schools, LEED for Neighbourhood Development and LEED for Healthcare.

AQUA (adjustment of HQE) is based on the observation of the environmental performance, management and the process of enterprise, giving certification through the meeting of the requirements in a scale ranging from “GOOD” to “EXCELENT”. The certification is given to each phase of the design process, building and operation. It is possible to obtain five certification levels: program, conception, building, operation program and operation. It is suitable for houses, schools and offices. (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2009)

3. DATABASE YELLOW - GREEN

Taking this assessment tool in consideration, it was created a database about the buildings that are certified and registered as well as their distribution among the Brazilian Regions. This is illustrated in Table 1 and Figure 1, which shows the results of certifications LEED / Brazil. Therefore, it was observed that by the second half of 2013 the system had already assessed 854 projects in total, being that 169 of them had already been certified and 685 were registered and the certification was in process (GBC, 2014).

Table 1. LEED/Brazil Regions. (Source: GBC Brasil (2014)).

Regions of Brazil	LEED		Σ Region	Level of certification			
	Certificate	Registered		LEED	LEED Silver	LEED Gold	LEED Platinum
North	0	14	14	0	0	0	0
Northeast	9	40	49	3	6	0	0
Midwest	2	23	25	0	0	2	0
Southeast	145	536	681	30	45	61	5
South	13	72	85	1	6	6	0
Σ	169	685	854	34	57	69	5

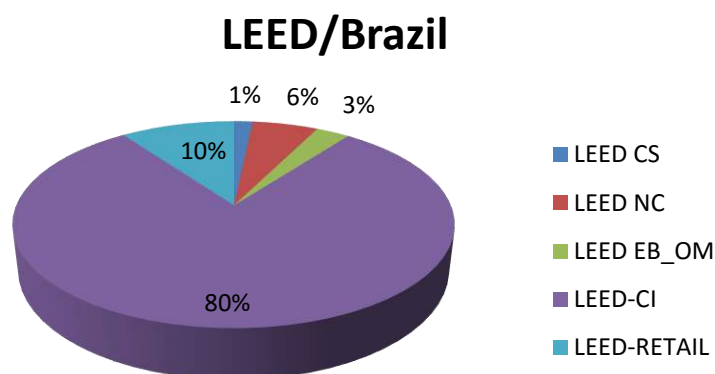


Figure 1 - % LEED in Regions of Brazil.

Table 1 and Figure 1 shows that the south-eastern region of Brazil has a large number of buildings evaluated through the assessment tool LEED. The Southern region goes along with the national average, with 8%. About the LEED version, the LEED CS (core & shell) is the most common, followed by others (LEED New Construction, for example), as it can be seen in table 2.

Table 2 and Figure 2 shows a strong variation between the versions of LEED. In the end of the ranking are Neighbourhood Development and LEED, with 5 (five) projects, LEED for schools with 4 (four) registered and, finally, LEED for Healthcare with only 3 (three) hospitals.

Table 2. Versions of LEED x Regions of Brazil (GBC Brazil (2013)).

LEED Versions	Regions of Brazil					Brazil Σ
	North	Northeast	Midwest	Southeast	South	
LEED CS	5	18	11	314	45	393
LEED NC	3	24	10	241	31	309
LEED EB_OM	6	2	2	55	3	68
LEED-CI	0	2	0	49	4	55
LEED-RETAIL	0	1	1	15	0	17
LEED ND	0	1	1	2	1	5
LEED FOR SCHOOLS	0	1	0	2	1	4
LEED HC	0	0	0	3	0	3

Versions of LEED

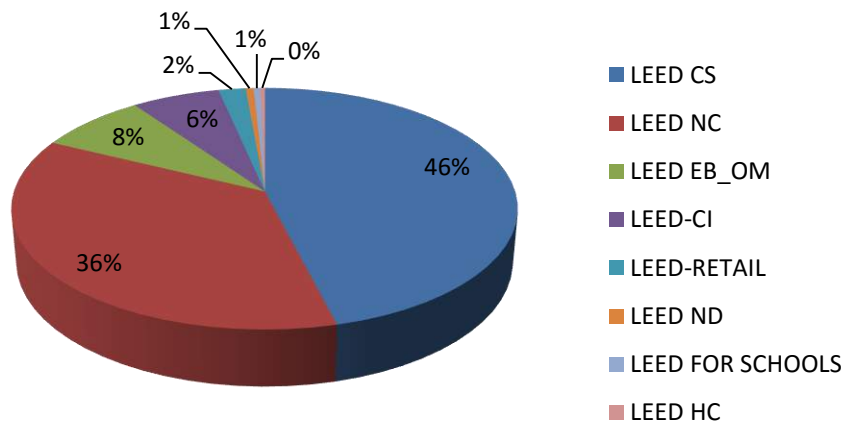


Figure 2 – Versions of LEED.

The AQUA assessment tool (adapted to HQE) performs the verification in two moments: management system (SGE) and Environmental quality of building (QAE). The first moment ensures the implementation of the second and it is organized in four steps (Appointment, Operation, Management, Learning). In the second moment, the QAE analysis is executed in order to evaluate the project and the building (i.e., Project, Conception, Building, Operation and Use). (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2013)

Tables 3 and 4, Figure 3 and 4 show the buildings certified by the AQUA assessment tool. The south-eastern region of Brazil has the largest number of nominations even though all

regions in Brazil have employed this assessment tool. The concernment for Home Building is evident flowing the school building.

Table 3. AQUA assessment tool in Brazil (QAE e SGE). (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2013).

Region	AQUA		Σ	Levels of Certification				
	QAE	SGE		Project	Conception	Building	Operation	Use
North	2	6	8	5	3	2	3	2
Northeast	1	12	13	12	7	1	1	0
Midwest	1	6	7	6	3	1	1	1
Southeast	12	123	135	120	46	12	16	5
South	2	5	7	3	2	2	4	2
Σ	18	152	170	146	61	18	25	10

Table 4. AQUA assessment tool for each region of Brazil. (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2013).

AQUA assessment tool	Regions					Σ
	North	Northeast	Midwest	Southeast	South	
Home Building	1	3	0	54	0	58
School	0	4	3	41	0	48
Operation/ Use	3	1	1	14	4	23
Commercial	3	4	2	7	2	18
Accommodation and leisure	1	1	1	9	0	12
Neighborhood	0	0	0	6	0	6
Industry	0	0	0	3	1	4
Renovation	0	0	0	1	0	1

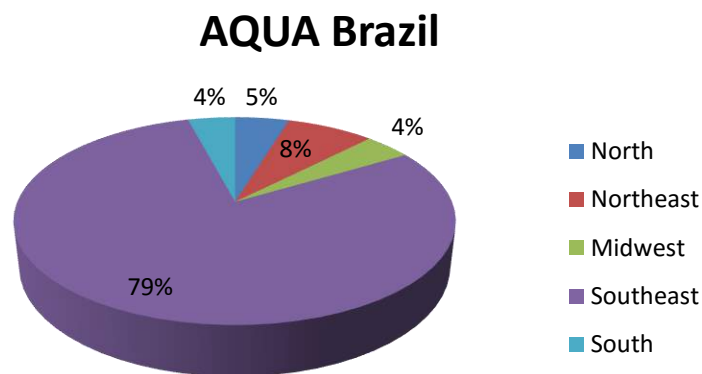


Figure 3 - % AQUA in Regions of Brazil.

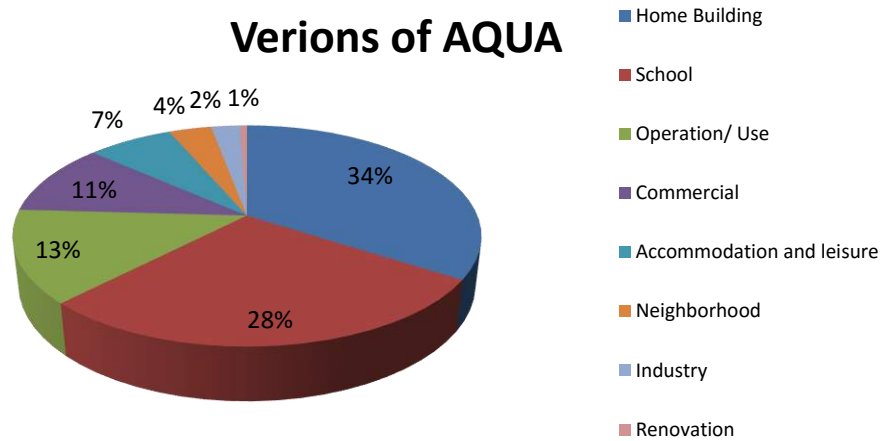


Figure 4 – Versions of AQUA.

4. ANALYSIS ABOUT ASSESSMENT TOOLS IN BRAZIL

Through the databases presented it is possible to verify that:

- i) LEED/ Brazil and AQUA assessment tools totalize 1024 certified buildings in Brazil;
- ii) LEED assessment tool is employed in 854 buildings, being that 169 of them are certified and 685 are in process of certification, while AQUA assessment tool is employed in 170 buildings;
- iii) Brazil is the first sustainable building (or green building) country in Latin American, the fourth country with LEED assessment tool in 2013 after the USA, China and Arab Emirates, respectively.
- iv) USGBC (2010) indicates that the LEED Brazil assessment tool is 0.8% of the world index;
- v) AQUA assessment tool is employed in 170 buildings, being 18 of them assessed for Environmental quality of building (QAE) and 152 for management system (SGE);
- vi) The south-eastern region of Brazil has 79.8% of the certified buildings (LEED and AQUA). The southern and north-eastern regions in Brazil have 9.0% and 6.0%, respectively, and the Midwestern regions of Brazil have 3.1% and, at the end, the northern region of Brazil with 2,1% of green buildings;
- vii) The LEED assessment tool mostly used is the LEED CS because “the builders” seek to add the importance of the certificate in the final price of “the chamber”;
- viii) The AQUA assessment tool is mostly used in home buildings because LEED/ Brazil does not have the particular version for the Home Brazil building;
- ix) LEED Brazil implements the documental analysis without the presence of the author while the AQUA assessment tool carries out the monitoring of the performance, i.e., from the project to the occupation of the building;
- x) The certificate is interesting for the promotion and marketing of the project and also encourages new businesses;
- xi) The number of “green buildings” in Brazil is low because the deployment cost of the assessment tool is high. Other reasons are the inexistence of an assessment tool based on the state-of-the-art methodologies that takes

- standardization into account and also the lack of qualified professionals on the subject of assessment tools;
- xii) Finally, the sustainable building in Brazil is greater in the building market, i. e., “sustainable construction is the regulation of the building industry because it differentiates the product and integrates demand to user”.

5. CONCLUSIONS

In this context, contributions for the Brazilian construction industry and for the political consolidation of “green building” are very important. However, the building’s design will be possible with the introduction and consolidation of environmental changes, both in the social and in the economic aspects, including the building process.

Analyzing the Brazilian territory and its regional differences - associated with public policies that, in this case, include the financial and technical incentives in all principles of sustainable development – as well as its socio-economic inequalities, are important indicators in the reinforcement of "Green Building Brazil". The assessment tool guide in the Brazilian and in the international civil construction industry usually follows four steps: quantification of the performance of the building at the level of each indicator; standardization of parameters; collection of parameters and sustainable scores for global assessment.

REFERENCES

- Brazilian Geography and Statistics Institute (IBGE). *Indicadores do desenvolvimento sustentável*. 2013. Available at: <<http://www.ibge.gov.br>>. [accessed: 12.01.15]
- Diakaki C, Grigoroudis E, Kabelis N, Kolokotsa D, Kalaitzakis K, Stavrakakis G. A multi-objective decision model for the improvement of energy efficiency in buildings. *Energy and Buildings*. 2010; 35: 5483–5496. DOI: 10.1016/j.energy.2010.05.012.
- Brazilian Sustainable Building Council (CBCS). *Aspectos da construção sustentável no Brasil e promoção de políticas públicas*. 2015. Available at: <www.cbcs.org.br>. [accessed: 12.01.15]
- Cox R, Drews M, Rode C, Nielsen S. Simple future weather files for estimating heating and cooling demand. *Building and Environment*. 2015; 83: 104-114. DOI: 10.1016/j.buildenv.2014.04.006.
- GBTOOL: GREEN Building tool, GBC. 2014. Available at: <<http://iisbe.org/gbc2k/gbtool/gbtool-main.htm>>. [accessed: 30.08.14]
- Mattos BF. Sustainable Construction: *national picture of environmental certification*. Federal University of Juiz de Fora (master's degree), Brazil. 2014: 119p.
- Vanzolini Foundation. Technical certification: AQUA assessment tool. São Paulo, SP, 2007.
- AQUA assessment tool. 2014. Available at: <http://www.vanzolini.org.br/hotsite-104.asp?cod_site=104>. [accessed: 30.08.14]



Water loss indicators used in public water supply services in Brazil: Literature research and review

Edumar Ramos Cabral Coelho

Federal University of Espírito Santo, Department of Environmental Engineering, Vitória (ES), Brazil
edumar.coelho@ufes.br

Saulo Biasutti

Federal University of Espírito Santo, Professional Master's in Engineering and Sustainable Development, Vitória (ES), Brazil
saulobiasutti@gmail.com

ABSTRACT: The amount of water loss, expressed through indicators is an important element in assessing the efficiency of water supply services. The International Water Association (IWA), in the late 90's, laid the normative basis of the performance indicators for water supply services. The standard of IWA indicators was successful, being adopted by many countries. In Brazil there is still no consolidated national standard of loss indicators and therefore a lot of indicators are used by managers of the water supply sector. Through systematic review of the technical and scientific literature, this project aims to investigate the various types of loss indicators adopted in Brazil, highlighting the variations in terminology, units and formulas. In the literature 164 case studies of various regions of the country were evaluated. The results show that there is not a standard for loss indicators in Brazil, since different nomenclatures and formulas are used to express the same display in different documents. Finally, it emphasizes the need for national standardization of language and concepts for a clearer definition of loss indicators, in order to allow a coherent assessment of the effectiveness of the managing bodies of water supply systems as to combat losses.

Keywords *Water losses. Indicators. Water Supply.*

1. INTRODUCTION

Water loss indicators are valuable tools for the systematic evaluation of the efficiency of water supply systems (Abes 2013) because a system with high loss rate may require frequent interruptions in supply, compromising the quality of services (Almandoz et al. 2005).

You can find in the literature several loss indicators in different formats (Miranda 2002). And the lack of uniformity in the procedures for determining such indicators, coupled with the lack of rigor in handling information, denigrates the credibility of the use of this tool, generally effective, because it hinders the comparison of the water loss performance management among different water supply systems (Lambert et al. 2014).

As a result, the International Water Association (IWA), in the late 90's, laid the normative basis of the performance indicators for water supply services. The standard of IWA indicators was successful, being adopted by several countries (Kanakoudis et al. 2011).

However, in Brazil there is still no consolidated national standard of loss indicators and therefore a lot of indicators are used by water supply sector, making it difficult benchmark performance in combating losses between different water supply companies (Miranda 2002). In this context, this article aims to investigate the various types of water loss indicators adopted in Brazil, observing variations in terminology, units and formulas.

1.1 Concept of water losses

According to the International Water Association (IWA), water losses are the difference between the given volume of water delivered to the supply system and the authorized consumed water volume (Alegre et al. 2006). The concept of water losses, however, goes further.

In the environmental area, water losses are a waste of water resources. In the context of water bodies severely stressed in the face of growing demand with current consumption patterns, losses are a huge risk to the balance of local ecosystems (Kanakoudis et al. 2011).

In the economic aspect, considering that the cost of treated water is actually made up of several items such as spending on chemicals and energy for water treatment, water losses represent huge operating costs (Giustolisi et al. 2013). Thus, the high rate of water losses is a decrease in revenues from sanitation companies and thus decreases their ability to invest in improvements of services and expansion of existing water production systems (Abes 2013).

It follows in many cases the need to increase the water tariff rates, which will increase the social dimension of water losses, when one reflects on the fundamental right of access to drinking water.

In addition, high rates of water losses may indirectly pose risks to public health, as a network with physical failure, low pressure or intermittent supply may be exposed to the intrusion of pathogens and chemical contaminants that affect water quality (Almandoz et al. 2005).

1.2 Types of water losses

Water losses are divided into two types: apparent losses and real losses.

Real losses are physical losses of the water supply system, including leaks in the distribution network (both in system pipes as valves and pumps discharge) and extravasations in the reservoirs (Tabesh et al. 2009).

As for the apparent losses account for the changes in volume of water due to inaccuracies in the measurements or estimates of the volume of water produced and consumed, the unauthorized use, to errors in handling flow data and volume of water and the failures in the commercial register (Alegre et al. 2006). In summary, apparent losses (commercial losses) are produced by human error of measurement and management (Tabesh et al. 2009).

2. METHODS

The method selected for the literature research was systematic review of the literature, which differs from traditional literature research (narrative review), to be a more focused research, by applying systematic research methods for critical analysis and synthesis of information selected. In order to implement the method, the procedures recommended by Sampaio & Mancini (2007) were followed, which are outlined in the following flowchart:

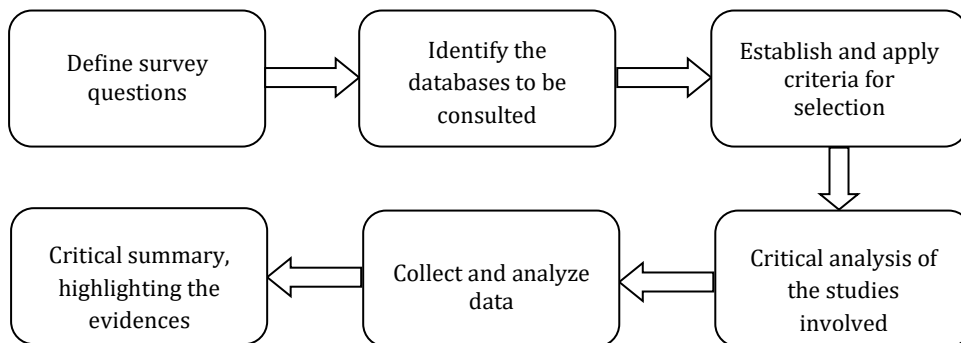


Figure 1. Systematic review of the literature. Source: Adapted from Sampaio & Mancini 2007.

2.1 Definition of survey questions

The research questions were formulated according to the project objectives. Thus, the systematic review of the literature was developed to answer the following questions:

- What are the types of water loss indicators commonly adopted in Brazil?
- What are the terminologies commonly used for these indicators?
- What are the most used units for these indicators?

2.2 Identification of databases

As a source of secondary data was selected technical and scientific work in three categories: theses and dissertations; papers presented in technical and scientific events and published articles in scientific journals.

- Theses and dissertations

It was adopted as database the Brazilian Digital Library of Theses and Dissertations (BDTD) of the Brazilian Institute for Information in Science and Technology (IBICT). The BDTD brings together in one online research portal, theses and dissertations presented in Brazil and abroad by Brazilians. Currently, the database BDTD has a partnership with 74 educational institutions, including the University of São Paulo (USP), the State University of Campinas (Unicamp) and the Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ).

- Papers presented in technical and scientific events

For this category, it was considered the technical and scientific relevance of the event (congress, symposium, conference, etc.) for the environment, particularly in the sub-area sanitation, and online availability of articles. Table 1 shows the technical and scientific events selected for analysis in the study.

Table 1. Technical and scientific events selected

Event	Organizer
Brazilian Congress of Sanitary and Environmental Engineering	Brazilian Association of Sanitary and Environmental Engineering (ABES)
Exhibition of Municipal Experiences in Sanitation	National Association of Municipal Sanitation Services (ASSEMAE)
National Congress of Sanitation and Environment	Association of Engineers of Sables (AESabesp)

Source: Own authorship.

- Published articles in scientific journals

Given the same selection approach adopted in the previous category, the literature review concentrated on the four journals shown in Table 2.

Table 2. Journals selected

Periodical	Site
Journal of Environmental and Sanitary Engineering	http://abes-dn.org.br/d2_Publicacoes_eng.html
Journal of Water Resources	http://www.abrh.org.br/
Journal of Technology and Environment	http://periodicos.unesc.net/index.php/tecnambiente
Journal of DAE	http://revistadae.com.br/site/artigos-aprovados/

Source: Own authorship.

It should be emphasized that the review was not limited to these journals. Articles that were considered relevant for the purpose of research and met the established criteria were selected for the study.

2.3 Definition and application of the selection criteria

The following selection criteria were defined:

- Research type: case studies;
- Local: research conducted in Brazil;
- Year of publication: inclusion of works published between the years 2009-2015;
- Subject: contain in the title, abstract or keywords the terms: "water loss", "performance indicators" and "water supply services".

After the selection of the articles, theses and dissertations that met the requirements for inclusion in the study, it was searched within the set of publications which ones effectively answered the survey questions. Readings and summaries played a central role in this phase. For each document a reading record containing summary was created, and some transcriptions of excerpts that could be used later. All publications were filed in folders, at the same time the collection continued. The criterion for such organization was the source of the document.

2.4 Collection and analysis of data

After the selection of information sources, the collection and recording of the surveyed data were held in an orderly way. The works have been exported to an Excel spreadsheet and organized by categories (articles, theses and dissertations), year of publication and study areas. Then a thorough job by reading and data collection was undertaken. Information was collected on the types of loss indicators presented in the studies, the units and terminologies used and the methods employed. Data were aggregated and analyzed critically, synthesizing relevant evidence to answer the research questions.

3. RESULTS AND DISCUSSION

After extensive systematic review of the literature, considering the selection criteria defined in the methodology, 239 publications were collected. However, of these only 164 were selected for the study, since the other studies did not have sufficient data for the purpose of the research.

3.1 Characteristics of the sample

Regarding the type of publication, the category "papers presented in technical and scientific events" was the most significant, with more than 80% of publications, followed by the category "theses and dissertations" with 14%. Regarding the representativeness of the sample for each region, considering the selection criteria of this research, there were a greater number of case studies on the topic loss in the southeast, about 60.4%, followed by the northeast (16.5%) and the southern region (13.4%). With reference to the year of publication, there are a greater number of studies from 2009, about 26.2%, followed by 2015 (18.9%) and 2011 (16.5%). The year which had lower representation in the survey was 2010, with only 3% of the total sample.

3.2 Water loss indicators

Water loss indicators were grouped into four types: total losses, revenue losses, real losses and apparent losses. Figure 2 shows the frequency of the four types of water loss indicators found in the sample study.

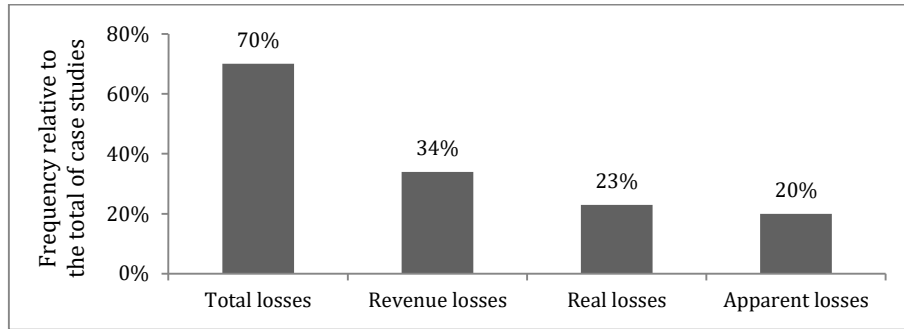


Figure 2. Types of loss indicators. Source: Own authorship.

In Figure 2, it is noted that 70% of the sample case studies presented indicators of "total losses" that consider the total volume lost (real and apparent losses). It is the most widely used indicator because of the ease of understanding and calculation that does not require a lot of data, only some information that is generally available (e.g. Available and consumed volume). However, it should be noted that the IWA recommends distinguishing, whenever possible, the real water losses from apparent water losses. This breakdown allows the calculation of a set of more specific performance indicators that guide decision-making on priority actions to combat water losses.

Figure 2 also shows that only 23% of the case studies presented real loss indicators (physical loss) which represent the volume of water lost due to the occurrence of leaks in pipes and overflowing in reservoirs. And 20% of the case studies presented indicators for apparent loss (not physical loss) which represent the volume of water consumed but not recorded by the sanitation company due to measurement errors, fraud, illegal connections and failures in the commercial register. It was observed that the real and apparent losses are generally evaluated indirectly through other operating information, such as listed in Table 3.

Table 3. Additional indicators assessing water losses

Real losses	Apparent losses
Leaks on mains length;	Customer reading efficiency;
Leaks on service connections;	Unmetered water;
Total identified visible leaks;	Total theft notifications;
Total identified invisible leaks;	Total illegal use notifications;
Active leakage control interventions;	System flow meters calibration;
Location + repair time on main;	Total meter replacement;
Location + repair time on service connections;	Average age meters;
Mains or connections replacement;	Variation consumption X replacing meters;
Variation of the night minimum flow.	Variation consumption X removes of theft and illegal use.

Source: Own authorship.

Another indicator widely used is the "revenue losses" that differs from the previous indicator by considering the formula the billed water volume instead of consumed water

volume¹. According to the IWA, this indicator should be used only for a preliminary financial assessment of the problem and should not be used as an operating indicator.

It was not identified in the sample a case study which presented "non-revenue water by cost," which is a more complete financial indicator for assessing the financial impact of losses in revenues and costs of production and distribution of treated water, as recommended by IWA.

Of the 164 study cases, only 11 studies calculated the ILI (Infrastructure leakage index) that relates the actual real losses and an estimate of the minimum real losses that could be technically achieved for the system operating pressure, average service connection length and service connection density (Alegre et al. 2006). This indicator allows the comparison of the efficiency of different systems and different operators.

Only three studies showed loss indicators in production and only a study of the sample suggested a loss rate in adduction of the raw water and in production of the treated water. Table 4 shows examples of these indicators proposed by Beloni & Paper (2015).

Table 4. Water loss indicators in adduction and production.

Code	Indicator	Formula	Unit
IPRP	Real loss index in production	$\frac{(VCAP - VPRO) * 100}{VCAP}$	%
IPRA	Real loss index in adduction	$\frac{(VCAP - VADD) * 100}{VCAP}$	%
IPTR	Real loss index in treatment	$\frac{(VADD - VPRO) * 100}{VCAP}$	%

Parameters: VCAP - Volume captured; VPRO - Volume Produced; VADD - Volume adducted
 Source: Beloni & Paper 2015.

3.3 Units

Figure 3 shows the most used water loss indicators units.

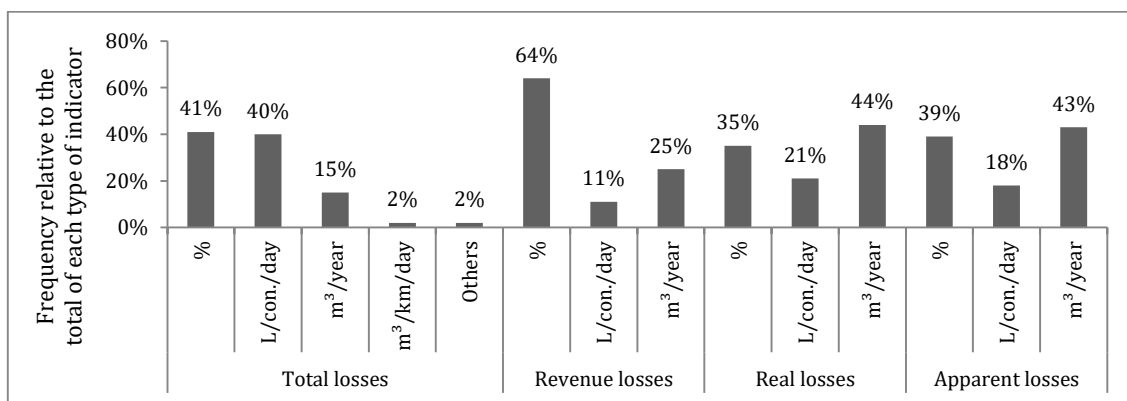


Figure 3. Water loss indicators units. Source: Own authorship.

In Figure 3, it is observed that more than 40% of total loss indicators are expressed as a percentage. These indicators relate the volume of water lost to the total volume produced

¹ It should be highlighted that the billed volume differs from the consumed volume, as the companies of water supply services adopt minimum or average consumption parameters, which can be higher than the volume actually consumed. Generally, the value of the invoiced amount is greater than or equal to the consumed volume (Brazil 2016).

or available to the system or subsystem analysis. The great disadvantage of these indicators is the difficulty to compare the water loss performance management throughout time, as they are heavily influenced by the variation of consumption and should not be used as operational indicator for loss management.

On the other hand, there is still a tendency shown in Figure 3 to express the total losses in the unit in liters per connection per day, about 40%. The use of loss indicators associated with a scaling factor, such as network size and number of connections or savings, is more suitable for the management of water losses, because the variation of these parameters over time is generally less, unlike the variable volume of water produced or consumed. Consequently, loss indicators in units “liter per connection per day”, “liter per economy per day” or “cubic meter per kilometers per day” are more stable to variation due to random factors.

Revenue loss indicators of the sample study are usually expressed in percentage, about 65%. Regarding the real loss and apparent loss indicators, these are usually expressed in percentage or m^3 / year.

3.4 Terminology

Table 5 shows the various terminologies used for different types of loss indicators. It is observed that there is a large list of loss indicators used by providers of water services. Although these indicators present different terminologies or acronyms, many agree in their formulations and units.

Table 5. Water loss indicators terminologies.

Type of indicator	Unit	Terminology
Total losses	%	Loss index in distribution; Loss index in percentage; Loss index by volume; Non-account water index; Annualized loss index.
	L/con./day	Loss index per connection; Gross loss index per connection.
	$m^3/km/day$	Loss index per extension; Gross loss index per extension; Gross linear loss index.
Revenue losses	%	Non-revenue water Revenue loss index Unbilled water index Loss index in percentage; Water not converted into revenue.
Real losses	% ou m^3 / year	Real loss index; Physical loss index.
Apparent losses	% ou $m^3/year$	Apparent loss index; Non-physical loss index. Commercial loss index.
Real losses in infrastructure	-	Infrastructure leakage index; Leakage rate in infrastructure; Infrastructural index.

Source: Own authorship.

However, the following case was also observed: indicators with the same nomenclature but with different formulations, especially in the delimitation of the water balance components. For example, there is difference between "Infrastructure leakage index" (ILI) in Negrisolli (2009) and in Melato Zahed & Filho (2011). The first reference ILI relates the volume of total losses (real and apparent losses) to the volume of total inevitable losses (the minimum level of total losses expected for the system). In the second reference, ILI reports the real losses to the inevitable minimum real losses, as it is recommended by IWA.

Another example is the differences in the formulation of "revenue loss index." In the formula of the indicator, some references exclude the service water volume (authorized unbilled consumption) of the offered volume following the methodology of the National Sanitation Information System (SNIS), which is currently the largest database of the Brazilian sanitation sector (Brazil, 2016). In other references, the formula of the indicator includes service water volume to the total of non-revenue water volume, as recommended by the IWA (Alegre et al. 2006) and Miranda (2002).

It is also observed that the "loss index in percentage" terminology used to represent both the total loss (non-accounted water index) and also the loss of revenue (non-revenue water index).

It should be emphasized the difference in meaning between the terms index and indicator, which are often mistakenly used interchangeably. Indicators come from a synthesis of primary data and indexes of aggregate indicators (Brazil 2011). In this article, it was chosen to use the original term of reference even to highlight the differences in terminologies adopted in the references.

4. CONCLUSIONS

The results of this research show that there is still not a consolidated set of standardized loss indicators in Brazil. The main divergence between the indicators is the delimitation of the volume control, which does not always consider the imported, exported or service water volume.

This study provides evidence that indicators expressed by percentage continue to be widely used by water supply companies, even those not being recommended by IWA for technical loss management.

It should be emphasized that there is no perfect indicator, because the set of indicators should be analyzed and decided which best portray the situation of losses. And there should be standardization in the indicators calculation methodology across all process agents (water supply companies and regulatory agencies) for a clearer definition of the loss indicators, in order to allow a coherent assessment of the effectiveness of the water supply companies as to combat losses.

Finally, this study does not intend to exhaust the theme of the research, but draw attention to the need for further studies for an appropriate proposal of standardization of the water loss indicators to Brazilian needs.

REFERENCES

- Abes – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2013. *Perdas em sistemas de abastecimento de água*. Rio de Janeiro: ABES.
- Alegre, H. et al. 2006. *Performance indicators for water supply services*. Londres: IWA Publishing.
- Almandoz, J. et al. 2005. *Leakage assessment through water distribution network simulation*. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 131(6): 458–466.
- Beloni, A. C. V. & Papel, A. P. 2015. Estudo de controle de perdas em sistemas de abastecimento de água. In *XIX Exposição de Experiências Municipais em Saneamento*. 24-29 maio 2015. Poços de Caldas/MG: ASSEMAE.
- Brasil. Ministério da Saúde. 2011. *Saúde ambiental: guia básico para construção de indicadores*. - Brasília: Secretaria de Vigilância em Saúde.
- Brasil. Ministério das Cidades. 2016. *Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos*. Brasília: SNSA/MCIDADES.
- Giustolisi, O et al. 2013. Operational Optimization: Water Losses versus Energy Costs. *Journal of Hydraulic Engineering*, 139(4): 410-423.
- Kanakoudis, V. et al. 2011. Developing appropriate performance indicators for urban water distribution systems evaluation at Mediterranean countries. *Water Utility Journal*. 1: 31-40.
- Lambert, A et al. 2014. 14 Years Experience of using IWA Best Practice Water Balance and Water Loss Performance Indicators in Europe. In *Water Loss Conference*. 30 mar. a 2 abr. 2014. Viena-Austria: IWA Publishing.
- Melato, D. S. & Zahed Filho, K. 2011. Diagnóstico de perdas de água: uma metodologia aplicada na Região Metropolitana de São Paulo. In *Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente*. 1-3 ago. 2011. São Paulo: AESABESP.
- Miranda, E. C. 2002. *Avaliação de perdas em Sistemas de Abastecimento de Água - Indicadores de Perdas e Metodologias para a Análise de Confiabilidade*. 2002. 215 f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília.
- Negrissolli, R. K. 2009. Análise de dados e indicadores de perdas em sistema de abastecimento de água. 2009. 191f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande.
- Sampaio, R. F. & Mancini, M. C. 2007. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. *Revista Brasileira de Fisioterapia* 11(1): 83-89.
- Tabesh, M et al. 2009. An Integrated Model to Evaluate Losses in Water Distribution Systems. *Water Resources Management* 23(3): 477-492.



Eficiência de proteções solares horizontais externas para a latitude da cidade de São Paulo

Matheus Tonelli Santos

Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Mestrado em Habitação, São Paulo (SP), Brasil
mtonellis@gmail.com

Maria Akutsu

Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Laboratório de Conforto Ambiental e Sustentabilidade, São Paulo (SP), Brasil
akutsuma@ipt.br

Adriana Camargo de Brito

Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Laboratório de Conforto Ambiental e Sustentabilidade, São Paulo (SP), Brasil
adrianab@ipt.br

RESUMO: O controle da incidência da energia solar nas edificações pode impactar significativamente a sua eficiência energética. Entender o comportamento do sombreamento das proteções solares em relação às variações de intensidade e período de incidência da radiação solar ao longo do ano é o passo fundamental para determinar as suas consequências no desempenho térmico da edificação. Este trabalho tem como objetivo apresentar o comportamento do sombreamento de proteções solares externas horizontais para aberturas para a avaliação da eficiência destes elementos, constituindo-se numa ferramenta prática que auxilia no projeto de dispositivos de sombreamento. Foram feitas simulações com o software Energy Plus considerando-se a latitude da cidade de São Paulo, para a determinação da radiação solar direta incidente em uma unidade de área de superfície vertical, sem sombreamento e com uma proteção solar horizontal típica e algumas variações dimensionais, de modo a se determinar a redução da incidência de energia solar para cada alteração nas medidas. Foram consideradas oito orientações solares para as superfícies, e 12 “Dias de Referência” ao longo do ano, sem nebulosidade.

Palavras-chave *Proteções solares Horizontais. Sombreamento. Eficiência. Radiação Solar.*

1. INTRODUÇÃO

Janelas sem sombreamento podem admitir quantidades significativas de radiação solar em ambientes, causando problemas visuais, como o brilho intenso da iluminação natural, e térmicos com consequências no conforto do usuário. O controle eficiente da incidência de energia solar nas edificações contribui tanto para a melhoria do seu desempenho térmico, quanto para o aproveitamento da luz natural, fatores associados à eficiência energética dos edifícios, que são fundamentais no âmbito da sustentabilidade do ambiente construído. Isso é destacado em diversos trabalhos que apresentam o resultado de pesquisas onde se avaliaram a influência das proteções solares no consumo de energia por sistemas de ar-condicionado e no conforto térmico dos usuários. (Tzempelikos e Athienitis, 2007; Datta, 2001; Palmero-Marrero e Oliveira, 2010; Gupta e Ralegaonkar, 2004). Porém, não é feita uma análise considerando isoladamente o efeito da eficiência da proteção solar no sombreamento de aberturas.

Florides et al. (2002) estudaram o efeito do comprimento do beiral na demanda de energia. Eles descobriram que um beiral horizontal maior reduziu a demanda de refrigeração porém aumentou a demanda de aquecimento. As cargas térmicas de cada edifício e as diferentes características climáticas ao longo do ano de cada lugar demandam por eficiências de sombreamento apropriadas. Uma proporção maior de sombreamento (maior eficiência do dispositivo) não significa necessariamente um ambiente mais confortável. Dependendo da situação é adequado admitir ou impedir o ganho de calor solar através da abertura no ambiente. Desse modo um padrão para demonstrar a eficiência mensal de sombreamento é um dos fatores essenciais para a escolha de um dispositivo de sombreamento adequado.

Cho, Yoo e Kim (2014) apresentam uma análise de eficiência do sombreamento de proteções solares. Para isso uma janela de referência foi definida e modelos de proteções solares (verticais e horizontais), com variações dimensionais, foram aplicados à janela de referência para três orientações solares (sul, leste e oeste). A incidência de radiação solar direta é simulada apenas de maio a setembro, quando a ocorrência de carga de resfriamento é esperada, sem avaliar a influência dos dispositivos de sombreamento nos outros meses do ano. Os dados de radiação solar utilizados para as simulações são de um ano típico do lugar com as variações de nebulosidade. As nuvens causam a maior atenuação da radiação, porém são imprevisíveis e não é possível determinar sua localização, tamanho e espessura, por isso podem mascarar o efeito das proteções solares. São utilizados como resultado os totais de radiação direta incidente durante todo o mês, o que encobre o padrão de incidência durante o dia e não demonstra as horas em que a proteção solar é eficiente.

Entender o comportamento do sombreamento das proteções solares em relação às variações na intensidade e no período de incidência da radiação solar ao longo do ano é um passo fundamental para que o projetista possa determinar suas consequências finais no consumo de energia, no conforto e no desempenho térmico da edificação.

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de apresentar o comportamento do sombreamento de proteções solares externas horizontais típicas para aberturas de modo a proporcionar a avaliação e a comparação direta da eficiência destes elementos, para cada

necessidade de desempenho, constituindo-se numa ferramenta prática que auxilia no projeto de dispositivos de sombreamento.

2. MÉTODO

Para determinar a eficiência do sombreamento quanto à efetiva redução de energia solar que incide numa superfície é necessário considerar as variações no período de insolação e na intensidade da radiação solar incidente ao longo do tempo. Para isso foi desenvolvido um método, com base em simulações com o software Energy Plus para a determinação da radiação solar incidente em uma unidade de área de superfície vertical, sem sombreamento e com os modelos de proteções solares avaliados.

As dezesseis variações dimensionais da proteção solar horizontal contempladas nesta avaliação abrangem as formas básicas dos dispositivos de sombreamento horizontais externos normalmente utilizados em edifícios. O comportamento do sombreamento proporcionado por este modelo e as suas variações na largura e profundidade do elemento demonstram a influência dessas alterações no sombreamento horário e mensal, visando levar à compreensão da eficiência dos dispositivos ao longo de um dia e de um ano.

Foram consideradas oito orientações solares para a superfície vertical de referência (N, S, L, O, NE, NO, SO e SE) com o intuito de evidenciar o comportamento da insolação para as diferentes possibilidades de implantação de um edifício, e doze “Dias de Referência” relacionados aos meses do ano, considerando-se o céu sem nebulosidade. Foi selecionado o dia 21 de cada mês para as simulações, tendo em vista contemplar as variações mensais da geometria solar e também os solstícios e equinócios.

A eficiência dos dispositivos foi determinada em função da sua capacidade de redução da incidência de energia solar na superfície vertical analisada em comparação com a situação sem sombreamento.

2.1 Software - Energy Plus

O software Energy Plus possibilita a simulação da incidência de radiação solar baseado na trajetória solar e na relação geométrica com a superfície avaliada, permitindo a determinação do período de incidência e da intensidade da componente direta da radiação solar sobre uma superfície pelo intervalo de tempo determinado. Além disso permite o cálculo da porcentagem de área sombreada de uma superfície vertical com o efeito de dispositivos de sombreamento externos para o intervalo de tempo considerado.

2.2 Dados de Radiação Solar

Para a avaliação da eficiência das proteções solares, considerou-se céu sem nebulosidade, ou seja, na condição em que o período e a intensidade da radiação direta são máximos, mesmo que essa seja uma situação atípica para o lugar avaliado visto que o objetivo deste trabalho é demonstrar comparativamente, a eficiência de cada configuração do dispositivo de sombreamento.

Para a obtenção dos dados de radiação solar direta utilizou-se o modelo de céu limpo apresentado pela ASHRAE 2009 *Handbook of Fundamentals*, revisto com base nas profundidades ópticas específicas para cada localização para a radiação direta e difusa.

Estes valores são tabulados por mês nos dados climatológicos da *ASHRAE* e os valores de profundidade óptica de céu claro para irradiância direta (τ_{aub}) e difusa (τ_{aud}) são específicos de cada lugar e variam durante o ano. Para esses valores são consideradas as condições locais, tais como altitude, teor de água precipitável e aerossóis presentes na atmosfera através de levantamentos.

2.3 Proteções Solares

A superfície de referência definida para a simulação é vertical, e representa uma janela ou abertura. Possui um metro de largura por um metro de altura porém, suas dimensões não intervêm na análise pois a comparação dos resultados é feita por unidade de área. Ela funciona como uma geometria de referência para o dimensionamento das 16 variações de proteções solares horizontais analisadas (figura 1), e o que deve ser considerado são os ângulos limites de sombreamento: alfa (α) influenciado pela profundidade do dispositivo, e gama (γ) alterado pela largura da proteção solar.

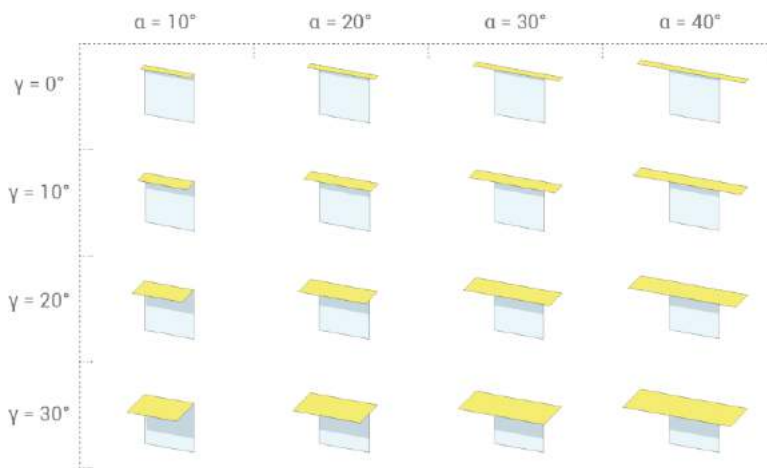


Figura 1. Variações dimensionais das proteções solares horizontais avaliadas.

Os modelos analisados representam os seus ângulos limites de sombreamento pois o padrão de sombreamento e a eficiência do elemento é determinada por eles. Como pode-se notar na figura 2, os dispositivos de sombreamento com ângulos limites de sombreamento idênticos, apesar de divididos em mais aletas, demonstram a mesma eficiência ao longo do ano. Assim o comportamento do sombreamento das 16 variações dimensionais representa uma série de outras possibilidades de projetos de proteções solares que respeitem os mesmos ângulos limites de sombreamento.

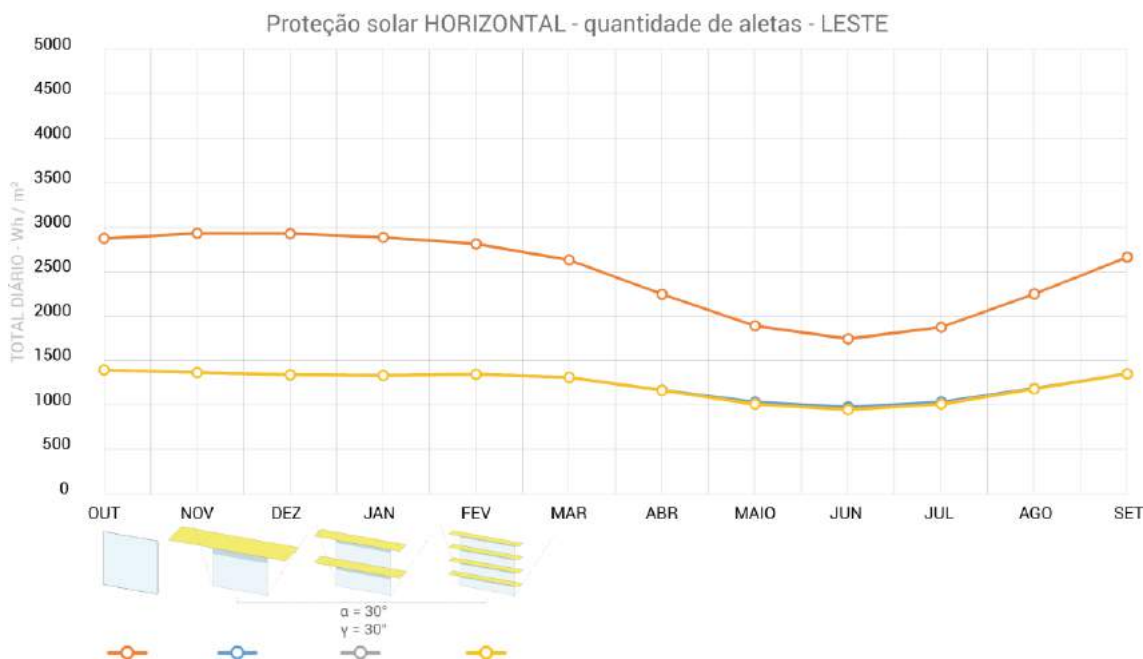


Figura 1. Eficiência proteções solares horizontais para leste com mesmos ângulos limites de sombreamento e variação no número de aletas.

3. APLICAÇÃO DO MÉTODO

São Paulo (latitude 23° 50') é uma das maiores cidades da América Latina com uma quantidade significativa de edificações projetadas geralmente sem dispositivos de sombreamento. Para a simulação foram inseridos no software Energy Plus os valores de profundidade óptica para radiação solar direta (*taub*) e profundidade óptica para radiação solar difusa (*taud*) descritos pela ASHRAE 2009 HOF (figura 3) para os respectivos “Dias de Referência” no modelo solar *ASHRAE Revised Clear Sky* para a cidade em estudo.

Monthly Climatic Design Conditions													
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Clear Sky Solar Irradiance	<i>taub</i>	0.391	0.383	0.365	0.325	0.302	0.295	0.307	0.366	0.436	0.412	0.389	0.386
	<i>taud</i>	2.593	2.589	2.602	2.608	2.576	2.533	2.486	2.306	2.168	2.363	2.534	2.589

Figura 3. Valores de profundidade óptica para radiação solar direta e difusa (*taub* e *taud*). ASHRAE, 2009.

3.1 Avaliação das orientações solares

Inicialmente é determinada a radiação solar direta incidente ao longo do ano para as oito orientações solares sem sombreamento. A avaliação da quantidade de energia solar incidente nas fachadas pode determinar qual orientação necessitará de proteção solar e em qual período, dependendo das necessidades específicas de desempenho de cada edifício.

Os totais diários de radiação solar direta incidente por hora (Wh/m^2) na superfície vertical de referência, para o dia 21 de cada mês do ano, são apresentados em um gráfico mensal para demonstrar a variação da incidência solar ao longo do ano. E os valores horários da radiação solar direta incidente (Wh/m^2) são mostrados em gráficos dos três “Dias de Referência” com as geometrias solares extremas (solstício - 21/dezembro;

equinócio - 21/março; solstício - 21/junho) para demonstrar a variação horária da incidência solar ao longo do dia (figura 4).

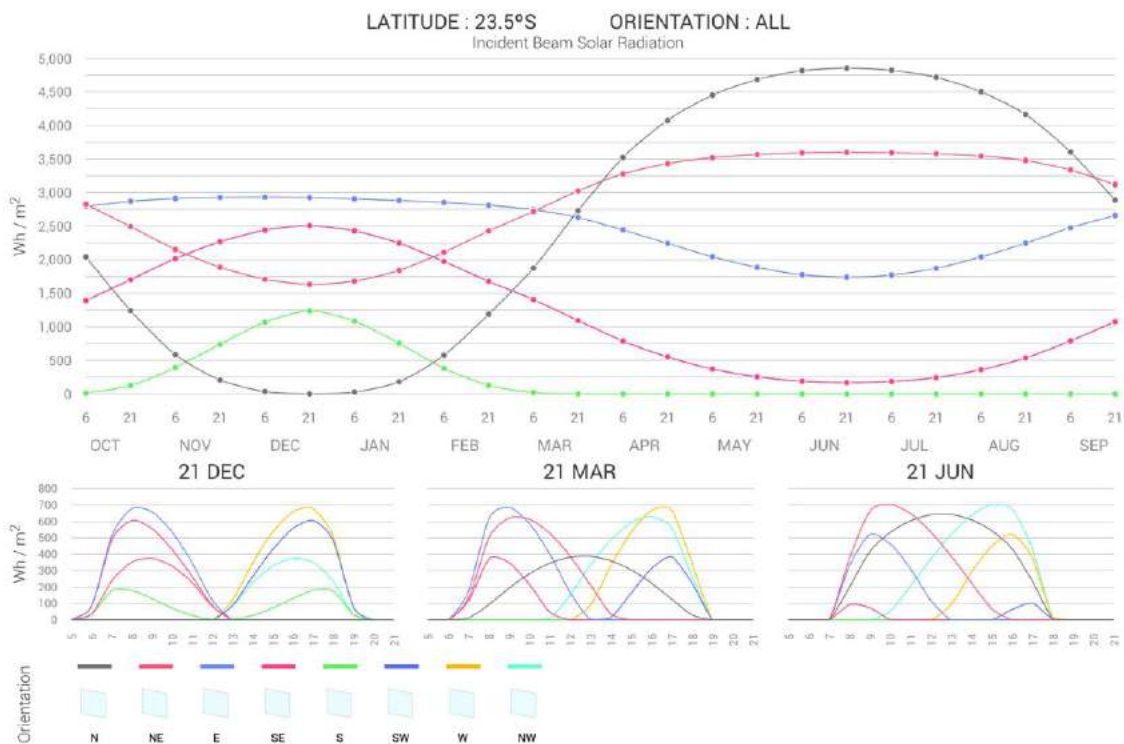


Figura 2. Radiação solar direta incidente para oito orientações (N, NE, E, SE, S, SO, W, NO) sem sombreamento.

No gráfico mensal pode-se observar que, para a latitude da cidade de São Paulo, durante a Primavera e Verão as orientações solares com maior quantidade de radiação solar incidente são: Leste e Oeste, Nordeste e Noroeste, Sudeste e Sudoeste. Durante o outono e inverno as orientações solares com maior quantidade de radiação solar incidente são: Norte, Nordeste e Noroeste, Leste e Oeste. As orientações solares Sul, Sudeste e Sudoeste apresentam baixa quantidade de radiação solar incidente durante o outono e inverno e dependendo da necessidade de eficiência do edifício não precisam de sombreamento neste período. O mesmo vale para as orientações Norte e Sul durante a primavera e verão. As orientações solares Leste e Oeste, Nordeste e Noroeste, Sudeste e Sudoeste, possuem a mesma quantidade de radiação solar incidente durante o ano e por isso suas curvas se sobrepõem no gráfico mensal. A diferença fica por conta do período diário de incidência.

Nos gráficos horários dos três “dias de referência” representativos pode-se observar que para a orientação Sul, durante o solstício de verão (21/dezembro), o período de incidência da radiação solar é no início da manhã e no final da tarde com baixa intensidade. A orientação Norte possui o período de incidência longo com a alta intensidade de radiação solar durante o solstício de inverno (21/junho). Para Leste e Oeste o período de incidência diário é curto, porém com alto pico de intensidade, principalmente durante o solstício de verão (21/dezembro) chegando a 700 Wh/m². Para Nordeste e Noroeste o período de incidência diário é longo e com intensidade alta, principalmente durante o solstício de inverno (21/junho) chegando a 700 Wh/m². Sudeste e Sudoeste são as orientações solares

em segundo lugar com maior intensidade de radiação solar incidente no solstício de verão (21/dezembro) chegando a 605 Wh/m².

A avaliação da necessidade de sombreamento de cada orientação depende das demandas de desempenho de cada edifício ao longo do ano. O projetista pode observar os picos de intensidade da radiação solar direta incidente, assim como orientações com altas quantidades de energia incidente devido a períodos longos de incidência. De qualquer maneira o gráfico já apresenta, para uma avaliação inicial, as orientações solares críticas e as com baixa quantidade de energia solar incidente.

3.2 Avaliação das proteções solares por orientação

Após estabelecer a quantidade de energia solar incidente por orientação são determinadas as eficiências das proteções solares ao longo do ano por orientação solar para a latitude em estudo. A eficiência dos dispositivos foi determinada em função da sua capacidade de redução da incidência de energia solar na superfície vertical analisada. A curva da radiação solar incidente sem proteção solar por orientação é o máximo de radiação que a fachada pode receber para o período e latitude definidos, e funciona portanto como a linha de base para a avaliação. A redução da insolação pela aplicação dos dispositivos de sombreamento pode ser vista por hora durante os “Dias de Referência” representativos e ao longo do ano com os totais diários por mês de radiação solar direta incidente. Este estudo avaliou o efeito das proteções solares horizontais apenas para as quatro orientações mais críticas com as maiores quantidades de energia solar incidente para a latitude da cidade de São Paulo (N, NE, W).

3.3 Norte

Para a orientação solar Norte (figura 5), com maior quantidade de radiação solar incidente durante o outono e inverno, pode-se observar que a Proteção solar “Horizontal” sombreia no pico diário da intensidade de radiação solar (12:00 horas) e é eficiente para esta orientação. Ao aumentar a profundidade da proteção solar horizontal, e consequentemente o ângulo limite de sombreamento alfa (α), os dispositivos de sombreamento apresentam maior eficiência. Já ao aumentar a largura e assim o ângulo gama (γ), esta alteração demonstra maior eficiência para as proteções solares de maior profundidade. Desta maneira, pode-se notar que as proteções solares com $\alpha:10^\circ$ tem a mesma eficiência com diferentes $\gamma:0^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$. No gráfico do “Dia de Referência” 21 de junho é possível notar que quanto maior a profundidade da proteção solar horizontal (α) mais ela sombreia no pico diário de intensidade de radiação solar, e por isso a grande influência desta variação dimensional na diminuição de energia solar incidente, enquanto a variação na largura do dispositivo de sombreamento influencia no sombreamento no começo da manhã e no final da tarde com intensidades mais baixas.

3.4 Nordeste

Para a orientação solar Nordeste (figura 6), com incidência de radiação solar durante todo o ano e maior quantidade durante o outono e inverno, pode-se observar que a Proteção solar “Horizontal” é eficiente durante todo o ano. Ao aumentar a profundidade da proteção solar horizontal, e consequentemente o ângulo limite de sombreamento alfa (α), esta alteração demonstra maior eficiência principalmente durante o outono e inverno. Já ao

augmentar a largura da proteção solar e assim o ângulo gama (γ), esta alteração demonstra maior eficiência durante a primavera e verão. Pode-se notar que 21/dezembro, os dispositivos de sombreamento com $\alpha:20^\circ$ e $\gamma:20^\circ$ e 30° são mais eficientes do que a proteção solar com $\alpha:30^\circ$ e $\gamma:0^\circ$, e os dispositivos de sombreamento com $\alpha:30^\circ$ e $\gamma:10^\circ$, 20° e 30° são mais eficientes do que a proteção solar com $\alpha:40^\circ$ e $\gamma:0^\circ$.

3.5 Oeste

Para a orientação solar Oeste (figura 7), com incidência de radiação solar durante todo o ano e maior quantidade durante a primavera e verão, pode-se observar que a proteção solar “Horizontal” é eficiente durante todo o ano. Ao aumentar a profundidade da proteção solar horizontal, e consequentemente o ângulo limite de sombreamento alfa (α), esta alteração demonstra maior eficiência principalmente durante a primavera e verão. Já ao aumentar a largura da proteção solar e assim o ângulo gama (γ), esta alteração demonstra maior eficiência durante o outono e inverno. Desta maneira pode-se notar que durante a primavera e verão os dispositivos de proteção solar com mesma profundidade e diferentes larguras possuem eficiências parecidas. Pode-se notar também que em 21/junho, os dispositivos de sombreamento com $\alpha:20^\circ$ e $\gamma:30^\circ$ são mais eficientes do que a proteção solar com $\alpha:30^\circ$ e $\gamma:0^\circ$, e os dispositivos de sombreamento com $\alpha:30^\circ$ e $\gamma:20^\circ$ e 30° são mais eficientes do que a proteção solar com $\alpha:40^\circ$ e $\gamma:0^\circ$.

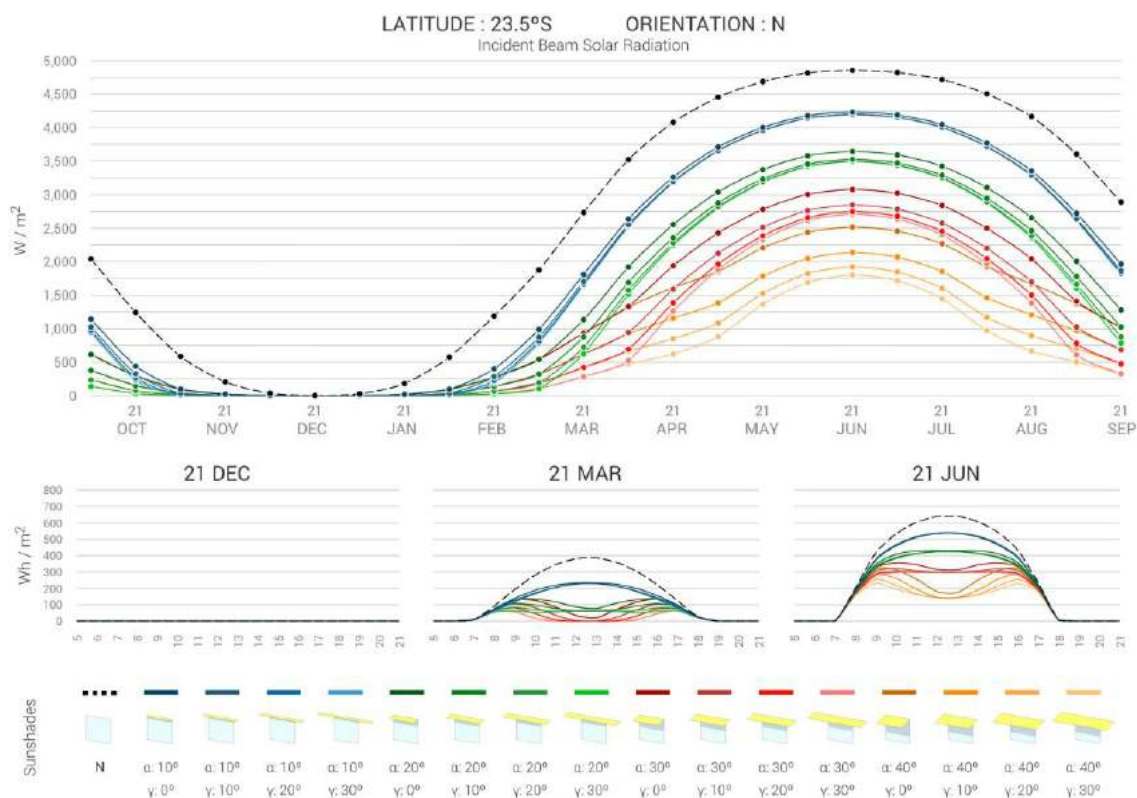


Figura 3. Eficiência das proteções solares horizontais para a orientação norte.

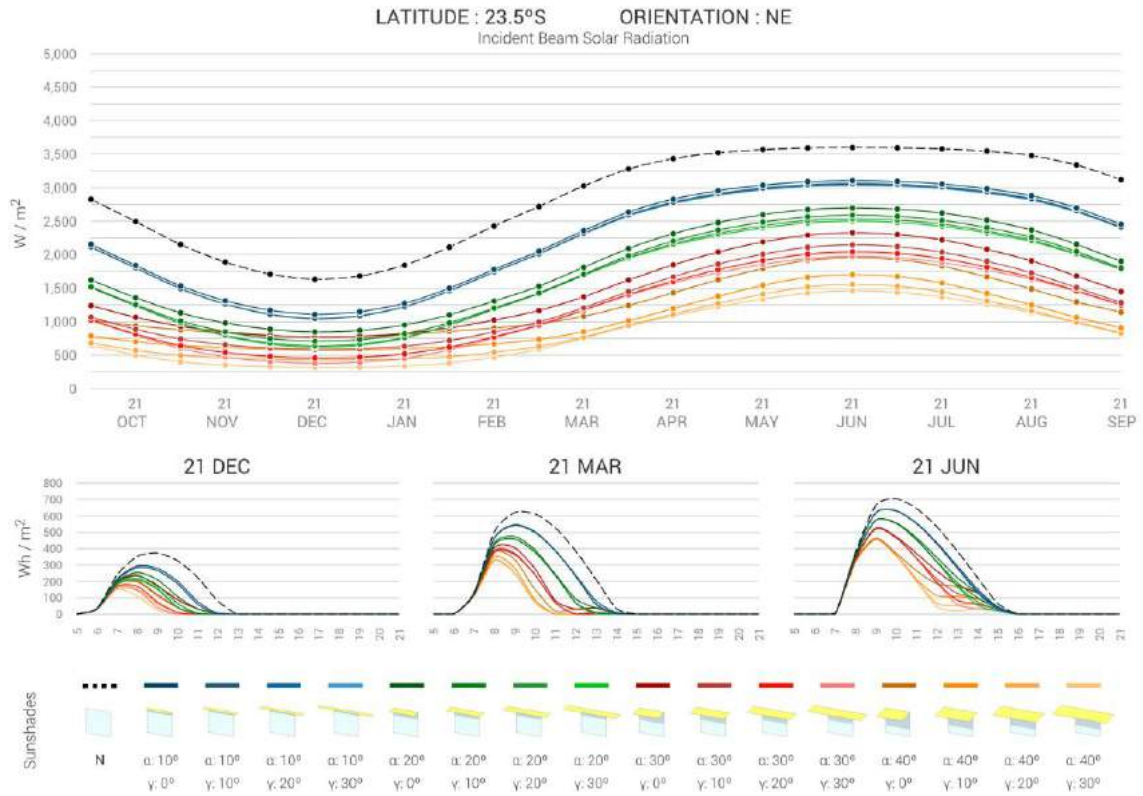


Figura 4. Eficiência das proteções solares horizontais para a orientação nordeste.

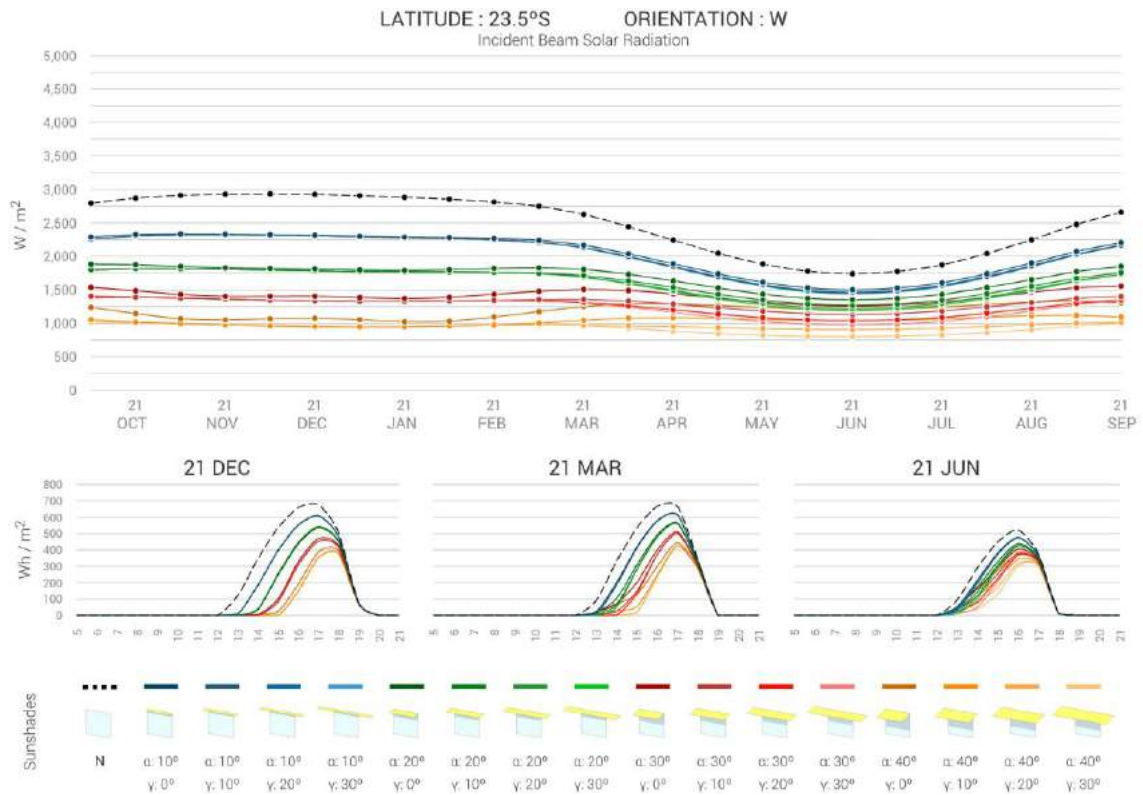


Figura 7. Eficiência das proteções solares horizontais para a orientação oeste.

4. CONCLUSÕES

Na avaliação das proteções solares horizontais externas para da cidade de São Paulo pode-se observar que este dispositivo de sombreamento é eficiente para as três orientações solares, com as maiores quantidades de radiação solar incidente (N, NE, W). Os resultados demonstram o padrão de sombreamento deste modelo de proteção solar e a eficiência de acordo com as alterações nas dimensões do dispositivo, ao aumentar a profundidade e largura e consequentemente os ângulos limites de sombreamento alfa (α) e gama (γ) respectivamente.

Além dos resultados da eficiência dos dispositivos de sombreamento para cada orientação ao longo do ano destaca-se também, dentre as conclusões obtidas, que dispositivos de sombreamento com ângulos limites de sombreamento idênticos, apesar de divididos em mais aletas demonstram a mesma eficiência ao longo do ano. Assim o comportamento do sombreamento das 16 variações dimensionais analisadas representa uma série de outras possibilidades de projetos de proteções solares que respeitem os mesmo ângulos limites de sombreamento. Pode-se observar também que a eficiência das proteções solares na alteração da sua largura é mais perceptível quando a profundidade da mesma é maior.

O método apresentado permite determinar a eficiência dos dispositivos de sombreamento ao longo do ano para cada orientação da fachada, não somente em função do período de sombreamento mas principalmente em função da quantidade de energia que a proteção solar impede de incidir sobre a superfície. A partir da comparação da eficiência horária e ao longo do ano da proteção solar e suas variações dimensionais é possível compreender a influência de cada alteração no sombreamento para as variações da geometria solar. Dessa maneira o projetista tem a disposição uma ferramenta prática que, associada as demandas específicas de desempenho de cada edifício ao longo do ano, auxilia na avaliação e no projeto de dispositivos de sombreamento, fundamentais para o desempenho térmico, o conforto dos usuários e para a eficiência energética de edifícios.

REFERÊNCIAS

- ASHRAE. 2009. Ashrae climatic design conditions 2009/2013. Disponível em: <<http://ashrae-meteo.info/>> (15 de junho de 2016)
- Cho, J. Yoo, C. Kim, Y. 2014. Viability of exterior shading devices for high-rise residential buildings: Case study for cooling energy saving and economic feasibility analysis. *Energy and Buildings* 82: 771-785.
- Datta, G. 2001. Effect of fixed horizontal louver shading devices on thermal performance of building by TRNSYS simulation. *Renewable Energy*, 23: 497-507.
- Florides, G.A. Tassou, S.A. Kalogirou, S.A. Wrobel, L.C. 2002. Measures used to lower building energy consumption and their cost effectiveness, *Applied Energy*, 73: 299-328.
- Gupta, R. Ralegaonkar, Rv. 2004. Performance analysis of static sunshades using shading mask approach. *Journal of Energy and Fuel Users Association of India*.p. 39-43
- Palmero-Marrero, A.I., Oliveira, A.C. 2010. Effect of louver shading devices on building energy requirements. *Applied Energy*, 87: 2040-2049.
- Tzempelikos, A. Athienitis, A.K. 2007. The impact of shading design and control on building cooling and lighting demand, *Solar Energy*, 81: 369-82.



Critical overview of urban sustainability assessment tools

Erika Guimarães

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal
erikaguimaraes@poli.ufri.br

José Amarílio Barbosa

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal
jabarbosa@civil.uminho.pt

Luís Bragança

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal
braganca@civil.uminho.pt

ABSTRACT: Sustainability assessment has been promoted by several institutions and organizations in order to encourage sustainable practices in the building sector. The scope of the first assessment tools was on buildings and building solutions. Research within this field of knowledge is already well established. But very recently, there has been a progressive development of tools aiming at broader scales such as neighborhoods, urban districts and larger urban areas. These assessment tools borrowed strategies that were used in their predecessors (aiming at the building scale) that bring some problems when assessing sustainability in urban areas. In this article, several sustainability assessment tools for urban areas were analyzed in several criteria. The analysis showed that all existing assessment tools share some issues regardless of having different approaches. It is argued that sustainability assessment tools need to evolve in the sense of becoming more similar regarding their assessment framework and scoring methods.

Keywords *Sustainability, Assessment tools, Urban Planning, Top-down approach*

1 INTRODUCTION

The current accelerated growth of urban populations, together with the paradigm of the consumerism lifestyle is pushing the environment to its limits and harming the planet (Ameen et al., 2015). Urban inhabitants stand for over 50% of the global population, and the figure tends to evolve to 70% until 2060 (Mele, 2014) (United Nations, 2014). Urban areas are nowadays the main responsible for local consumption of natural resources and land, contributing in about 70% of global pollutant emissions (United Nations, 2014) (Shen et al., 2011) and are responsible for numerous other environmental problems (Barbosa et al., 2014a) (Barbosa et al., 2014b).

In an attempt to push the construction sector towards a sustainable development, it is very important to guide urban planning projects towards sustainability principles (Ameen et al., 2015) (Barbosa et al., 2014b). In this way, the development of sustainability assessment tools in the late 1990's had attracted the attention of stakeholders by making possible to assess and certify the performance of construction projects. The assessment is normally based on an assessment framework composed of several indicators/criteria that are grouped in categories. Nowadays, there are many sustainability assessment tools all around the world aimed at buildings of several types and, more recently, aiming at urban planning operations (Berardi, 2015).

Nevertheless, there are many problems identified in these tools that are borrowed from tools that were aimed for buildings. Luetzkendorf et al. identifies problems related to a bottom-up approach such as: indicators often do not cover the full range of sustainability issues; Indicators may be overlapping; Indicators may be of different value in terms of significance (Lützkendorf et al., 2012). Additionally, most existing tools present extensive lists of indicators that can cause redundancies and, in some cases, inconsistencies in the assessment of different parameters (Ameen et al., 2015). Moreover, it is common to observe the use of indicators previously developed for building in the assessment of urban areas, which adaptation is inadequate. On the other hand, the scope of the tools have huge variations, from the scale of a couple of buildings to the scale of a full urban block or district. Consequently, there are many difficulties in comparing different sustainability assessment tools (Ameen et al., 2015) (Barbosa et al., 2014a), (Lützkendorf et al., 2012), (Srinivasan et al., 2014) (Whitehead et al., 2015) (Haapio and Viitaniemi, 2008). Considering these issues and the ongoing tendency for normalization and standardization in this field with new norms being launched by ISO (ISO, 2008, ISO, 2010, ISO, 2011) and CEN (CEN, 2010, CEN, 2011, CEN, 2012a, CEN, 2012b), there is a necessity to further develop and update existing tools.

Aiming to make a positive contribution on the matter, the objective of this work is to analyse several sustainability assessments tools developed for urban communities to conclude about several issues previously identified and to identify new ones. Afterwards, instead of promoting the development of a new assessment system, the objective is to develop guidelines and recommendations for future development of existing tools. For this reason, the study will focus on the development of a new assessment framework to be used as a reference for the development of existing sustainability assessment tools.

To fulfil the purposes of this study, several sustainability assessment tools were analysed. Table 1 lists and summarizes information about the selected tools. The analysis of the different tools was based on several criteria in order to conclude about the existence of the issues identified in bottom-up approaches, namely: assessment framework and methods, weighting systems, definition of sustainability, neutrality and redundancy of indicators. Taking into account the results and conclusions of the analysis of existing tools, a new structure is developed and proposed implementing solutions to solve some of the identified problems.

Table 1: Summary of Selected Sustainability Assessment Tools

Sustainability Assessment Tool	Acronym	Developer	Country	Latest Version
LEED Neighbourhood Development	LEED -ND	USGBC - United States Green Building Council	U.S.A.	2014
BREEAM Communities	BREEAM Co	BRE - Building Research Establishment	U.K.	2012
CASBEE Urban Development	CASBEE-UD	IBEC - Institute for Building Environment and Energy Conservation	Japan	2014
SBTool PT UP	SBTool PT-UP	iiSBE Portugal	Portugal	2013
Earth Craft Communities	ECC	Earth Craft	U.S.A.	2014
Green Star Communities	GSC	Green Building Council Australia	Australia	2015
GSAS District and Infrastructures	GSAS-DI	GORD - Gulf Organisation for Research and Development	Qatar	2015

2 RESULTS AND DISCUSSION

2.1 Description of Tools

LEED was developed by the United States Green Building Council - USGB, which stands for Leadership in Energy and Environmental Design. The first version was designed in the United States in 1993 and consisted on a single tool conceived specifically towards the green buildings market. Over the past decades, the methodology's scope has expanded, so that nowadays five different tools can be identified in the fields of building external and interior designs, building's operations, single-family houses and recently, urban areas. The version directed to sustainability assessment of urban areas, LEED-Neighbourhood Development (ND), had its pilot version launched in 2010, having been annually updated since then. The analysis done in this work was based on edition LEED-ND V4, of 2014. According to USGB, LEED ND can be applied to both new development and rehabilitation projects, at any stage of the process, as its scope goes from conceptual planning to construction activities (LEED, 2014).

BREEAM was developed in the United Kingdom in 1990 by Building Research Establishment (BRE) and was applied in the certification of over 400.000 buildings ever since. The methodology initially concerned the evaluation of best practices of building design, becoming a reference method to describe environmental performance of buildings. The BREEAM methodology is claimed to properly assess any type of building worldwide. Likewise, the urban planning version, released in 2009, embraces both mixed-use and single-use international developments (BRE, 2012). BRE also states that this urban planning

tool is able to identify the different impacts of an urban project on the surroundings, and, therefore, size boundaries are not recommended neither established. In fact, its appliance is recommended whenever it is intended to promote significant impacts on a community and adequate provision of new services (BRE, 2012). The latest version of BREEAM Communities (Co) features a process guide, which allows an international application of the tool (BRE, 2012).

Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency – CASBEE was born from the association between Japan Green Building Council (JaGBC) and Japanese Sustainable Building Consortium (JSBC) as a tool to assess and rate the environmental performance of buildings and built environment. Released in 2001, CASBEE was initially directed to office buildings. However, since 2008 the assessment scope expanded with the release of new tools, designed for different areas (JSBC and IBEC, 2014). Nowadays the CASBEE family integrates four basic components related to New Constructions, Existing Buildings, Renovations, and Pre-design (still under development).

The basic CASBEE tools were designed for individual buildings, not building groups. In this sense, CASBEE for urban development, CASBEE-UD, was released in 2006 to make broader assessments, covering urban development projects in the scale of blocks or zones (JSBC and JaGBC, 2014). The tool is strictly related to urban clusters and ancillary external spaces, excluding any kind of indoor environment. In 2012, JaGBC and JSBC launched CASBEE for Cities, a more generic and extensive tool to evaluate environmental performance of larger municipalities. Considering this, the 2014 edition inherits the basic principles of CASBEE-UD, while featuring a revised and more specific evaluation for enhanced and diversified demands in neighbourhood-scale arrangements.

SBTool PT for Urban Planning (UP) was developed as an adaptation of SBTool (Sustainable Building Tool) to the Portuguese context. SBTool was originally developed by International Initiative towards a Sustainable Built Environment and was specifically planned to help local organizations develop their own assessment and certification systems (iiSBE, 2015). SBTool assessments embrace projects from single building to urban scale and have been adapted to several countries, as the system is designed to be easily inserted in local criteria and language (iiSBE, 2015). SBTool PT-UP was developed by the Portuguese iiSBE Association, in partnership with University of Minho and company Ecochoice (Mateus and Bragança, 2011). The scope of the tool is restricted to urban planning operations which are subject to two legal frameworks that are used in municipal plans: detailed plans and plans of national interest. The pilot edition of SBtool PT-UP, which is subject of this study, was released in 2013 and is the most recent version.

The Earth Craft program was established in 1999 by the Greater Atlanta Home Builders Association and the Southface Energy Institute (Southface, 2016). It offers different kinds of green building certification specifically designed for the built environment of United States' Southeast region. The first product, from 2001, was directed to new constructions of single-family houses. Since then, the program has evolved towards the fields of renovations, multifamily buildings, urban communities, commercial buildings and lately, preservation of historic heritage (Southface, 2016). Launched in 2005, Earth Craft Communities (ECC), has its guidelines continuously updated. According to Southface, the program came from the American market's necessity of a holistic approach in the development of community

projects. In this sense, city centres and suburbs, as well as rural areas, are eligible without alleged dimension restrictions (Southface, 2016).

Created in 2003 by the Green Building Council of Australia, Green Star is a rating system developed to evaluate sustainable features of Australian buildings and urban precincts. Unique in the country, the system is designed for the specific needs and characteristics of that context, and its certification is internationally recognized (GBCA, 2016).

Later, the founding entity expanded the methodology beyond the single-edifice scope through the creation of an additional main tool, directed to urban communities. Green Star Communities, GSC, emerged in 2012 and had three pilot editions. In August 2015 the tool's first version, here described, has been officially released. To evaluate a project, Green Star Communities impose the minimum dimension of four buildings groupings. Also, the project must define a clear study area, subject of a "plan of development", which has to be managed by a governmental or private entity (GBCA, 2016).

Released in 2009, Qatar Sustainability Assessment System (QSAS), the methodology was developed by the Gulf Organization for Research & Development (GORD) in collaboration with the Pennsylvania University and the Georgia Institute of Technology. The tool was afterwards renamed as Global Sustainability Assessment System (GSAS).

The neighbourhood-scale scheme is based on the individual assessment of existing building, proposing the most suitable available scheme to the main use. As an integrated analysis of the area is not featured, the study of such tool is not consistent with the objectives of this article. Instead, attention is directed to the District and Infrastructure appliance (GSAS-DI). The referred scheme is currently on its second edition (V 2.1, from October 2015) and aims a guide design assessments for both new and existing districts (GORD, 2016).

2.2 Comparison of Tools

2.2.1 Scope of Assessments

None of the analysed methodologies allegedly restrict the size of eligible projects, however, some variations are observed on the scale of assessed urban areas. BREEAM Communities may assess projects from 2 to 179 hectares (0,02 to 1,79 km²) and is mainly aimed at mixed-use urban communities containing up to 6000 built units, although there are bespoke cases superior to this figure (Berardi, 2015) (BRE, 2013).

In LEED-ND there is mention that the ideal urban community is restricted to 1,3 square kilometres and it is recommended the division in smaller lots if this size is exceeded (BRE, 2012). The size of pilot projects evaluated with LEED-ND was very variable: the smallest evaluated project had 687 m² and the largest, 51,8 km², with an average size of 1,2 square kilometres (BRE, 2012).

CASBEE-UD's technical manual pleads the evaluation of limited groups of buildings connected through urban spaces, reserving larger areas to the CASBEE Cities tool (Berardi, 2015) (JSBC and IBEC, 2014). It is mentioned the possibility of evaluating larger-scaled areas as long as suitable information is provided. However, no further information regarding the dimensions of urban communities is disclosed.

SBTool PT-UP was the only tool analysed that attempts to frame the applicability of the assessment subjects on existing legislation, being applied on Detailed Plans (PP – “Planos de Pormenor”) and National Interest Projects (PIN – “Projectos de Interesse Nacional”). These plans, defined in Portuguese Spatial Planning Standards, are instruments that help local municipalities approve urban rehabilitation and development programmes (Portugal, 2007, Portugal, 2011). However, the mentioned documents do not indicate clearly the applicable dimension for such interventions, which may vary from a single street to larger neighbourhoods and respective networks. Regarding Earth Craft, Green Star and GSAS, it was not found any information regarding the assessment scope.

The analysis of the scope of the several tools indicates that existing sustainability assessment tools for urban areas are not homogeneous regarding the size of the assessed projects, varying from a small group of buildings to a medium-sized city. This shows that there is not a consensus or clear definition for the scope and scale of the assessment, making it hard to establish a comparison between them. The main issue with this vagueness concerns the difficulty in defining a concept of sustainable urban planning, since varied scales of assessment involve different measures and stakeholders. As an example, if the object of assessment is a group of streets or an urban district, the layout or the connectivity of the infrastructures is an important aspect to be considered. However, when the scale of assessment is reduced to a single block, this aspect cannot be considered. Consequently, the framework of tools, the calculation methods and the benchmarks must be adaptable to each type of situation. Thereby, it can be argued that tools with broad spectrums of application cannot provide objective assessments.

2.2.2 Assessment framework

In terms of the assessment framework, all the tools analysed demonstrated to be based on bottom-up approaches. However, the number of indicators and the way in which they are organized in categories is quite variable. LEED-ND presents five impact categories and distinguishes two main groups of indicators, pre-requisites and optional indicators. Pre-requisites comprehend the characteristics that projects must comply to be certified. Optional indicators provide bonus points if certain characteristics are verified. A total of twelve mandatory indicators is disposed, in contrast with the forty-four elements of the optional set.

In BREEAM Communities there are also five categories, but the 40 indicators are disposed according to 3 steps of implementation (BRE, 2012). Step 1 concerns to the impacts of the proposed development on a wider community scale, having only mandatory indicators. Step 2 focuses on layout aspects, following the site’s specific needs and highlighting community engagement with lesser mandatory standards. Step 3 regards to design details, and does not dictates any mandatory indicator.

CASBEE-UD presents an alternative approach, defining two main assessment categories. Quality (Q) category relates to the improvements provided on a daily basis for the buildings’ users. Load (L), on the other hand, concerns the evaluation of negative environmental impacts beyond the enclosed space boundary. The ratio Q/L gives the Built Environment Efficiency (BEE) of the project, which is the index evaluated parameter and the core-concept of the CASBEE method (JSBC and IBEC, 2014). The tool provides a list of 31 indicators, grouped in three main impact categories, comprising exclusively qualitative parameters.

The Portuguese method presents 13 impact categories and 41 indicators. Like CASBEE-UD, in this tool the categories are divided according to the 3 dimensions of sustainability, but allocation does not follow a top-down approach. GSAS-DI divides 76 indicators in 8 groups. Green Star Communities is the most concise having 33 indicators organised in five classes. Earth Craft tool stands out for distinguishing separate lists of mandatory and optional indicators, where the obligatoriness depends on the location of the project (coastal or piedmont). This tool from has a total of 24 (piedmont) or 26 (coastal) mandatory indicators and 74 (coastal) or 76 (piedmont) optional indicators, distributed in 7 impact categories.

It is verified that urban planning assessment methodologies have very divergent approaches. This may demonstrate an unclear and imprecise definition of an urban sustainability. For this reason, no distinction can be made regarding a correct model of assessment. In the pursuit of an evolutionary approximation that would allow proper ways of comparison in the future, methodologies should be developed according to top-down approaches. Furthermore, given the similarity between indicators and categories of assessment, local conditions must not justify different approaches.

2.2.3 Neutrality

This analysis was performed at indicator level and consisted of evaluating the emphasis given to specific aspects that are beyond the urban planner reach in spite of actual sustainable issues. For this purpose, any evidenced impositions of products or procedures related to brands and/or products, such as certification, labels and partial criterion attendance where examined. Considerations also included the statement of licensed project elements and the presence of professionals and team members accredited according to the same company or partner entities.

In Earth Craft Communities over half of available optional credits and 12 out of 27 mandatory indicators are submitted to either ECC accredited professional inspections, Earth Craft certified builder contracts or certifications from agencies under the EarthCraft Renovation program. This can be seen as a partial assessment methodology, once there might be other equally qualified professionals to fulfil the purposes of the described evaluation.

Although in a more moderate form, the other appraised methodologies also have significant indications of products and procedures. BREEAM addresses an ecological strategy developed by ecologist qualified according to determined institutions and indicates an accredited assessor to work with the design team throughout the development of steps 2 and 3. SBtool-UP destines half of its spare credits to sustainability certification according to specifically recognized methods. GSAS reserves one mandatory indicator to the recognition of a Green Star Accredited Professional engagement under the justification of supporting the Green Star certification process. From the analysed tools, CASBEE-UD's structure is the closest to impartiality of assessments, as CASBEE certification schemes are suggested to evaluation of buildings but the adoption of another proper tools is equally recognized. Anyways, the level of proactive utilization of CASBEE tools is directly referred as an evaluation issue, therefore revealing a slight yet perceptible partiality. LEED and GSC were found to be the least impositive methods, having roughly 1% of their assessments' weight associated to accreditations or certifications by their brand.

The practice of indicating accredited certifications or professionals within the assessment of sustainable issues can be understood as an underlying marketing strategy. According to some of the technical manuals (JSBC and IBEC, 2014) (LEED, 2014) (Southface, 2016, GBCA, 2016) the purpose of such parameters might be more concerned with selling the brand and providing outputs to respective professional trainings. With that in mind, it may be considered that these methods may not promote an evaluation strictly attached to sustainable principles.

2.2.4 Redundancy

The result of this analysis demonstrates that all methodologies have a considerable degree of redundancy, being ECC the holder of the higher redundancy degree among them (figure 2). This is not a surprising revelation, as it has already been acknowledged as the tool with greater amount of indicators (100).

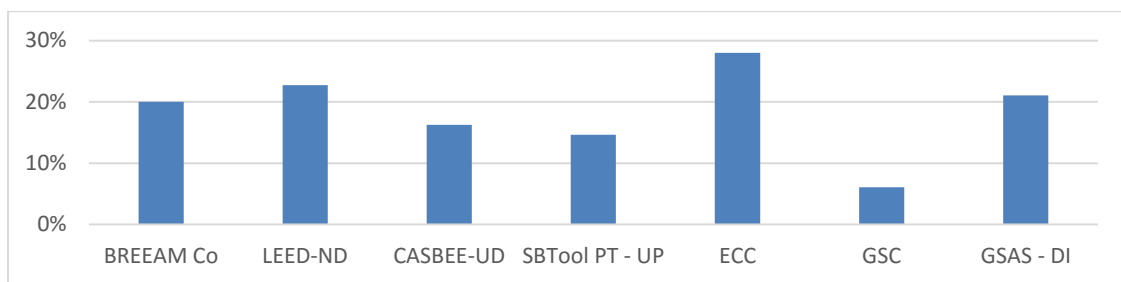


Figure 2. Percentage of redundant indicators

Despite the coincidence of size and redundancy verified for ECC, further analysis did not concluded a relation between these characteristics, nor revealed defined trends or patterns. However, the existence of such levels of redundancy confirms the adoption of top-down approaches in the development of the methods. Also, it confirms the need for a better definition on urban sustainability assessment concept.

2.2.5 Positioning through Sustainability's Dimensions

Through the former evaluations of structures and weighting systems, it is clear that each methodology emphasises different subjects within Sustainability's scope. A detailed appraisal of indicators was followed to identify assessment tendencies regarding social, economic and environmental dimensions.

Figure 3 shows the overall distribution among the studied methods. The studied methods destine equal averages of 44,4% of their assessments to both Environment and Social areas. GSAS-DI is the most concerned with the environment dimension, reserving over 62% to the subject, and GSC is the least, with only 32% of indicators. The percentages of BRREAM Co, LEED-ND, GSC and CASBEE-UD in the social area are very similar, where the former holds the highest value (53%). GSAS-Di is the least socially involved, with a little more than 30%. Economy is clearly the dimension with least focus regarding sustainability assessment, having average percentage of 11%. Once more, GSC stands out for having the greater number of indicators but it makes sense regarding the tool's absence in the environment dimension. In this area, BREEAM Co provides the lesser evaluation (8,9%), what demonstrates a significant imbalance in comparison with the environment and social dimensions.

Although the weight distribution seems quite different at first sight and disregarding the fact that each methodology follows distinct strategies, a trend on the focus directed at each dimension may be noticed. Although a tendency to social issues may be noted, international scope tools in general (BREEAM Co, LEED_ND and CASBEE-UD) present more homogeneous weight systems. This is comprehensible due to proposed wider ranges of application; however the use of fixed weight systems in different contexts may result misleading conclusions. Local tools, on the other hand, appear to be more homogeneous in the distribution of indicators. A remarkable exception is ECC, which reserves roughly 2% of its weight to economic issues.

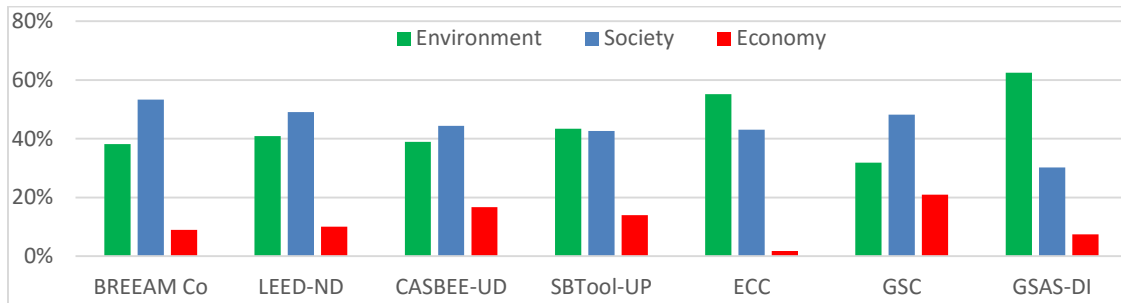


Figure 3. Sum of weightings of Indicators related to the dimensions of sustainability

3 CONCLUSIONS

A comparative and critical analysis of several sustainability assessment tools for urban planning allowed to conclude that these tools share the same issues that are found in the literature regarding sustainability assessment tools for buildings, mainly those associated to a bottom-up approach. This study identified in all the Urban Sustainability Assessment tools analysed issues such as difficulties in the definition of assessment scope, problems in the assessment framework and disconformity between different tools, making them hard to compare, lack of neutrality in the assessment of sustainability, redundancy and difficulties in the definition of sustainability regarding the weighting of sustainability dimensions environment, society and economy.

ACKNOWLEDGMENTS

This work was done within the context of the research activities developed in the network URBENERE, supported by CYTED “Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo”.

REFERENCES

- AMEEN, R. F. M., MOURSHED, M. & LI, H. 2015. A critical review of environmental assessment tools for sustainable urban design. *Environmental Impact Assessment Review*, 55, 110-125.
- BARBOSA, J., BRAGANÇA, L. & MATEUS, R. 2014a. New approach addressing sustainability in urban areas using sustainable city models. *International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development*, 5, 299-307.
- BARBOSA, J., BRAGANÇA, L. & MATEUS, R. 2014b. Assessment of Land Use Efficiency Using BSA Tools: Development of a New Index. *Journal of Urban Planning and Development*, 0, 04014020.

- BERARDI, U. 2015. Chapter 15 - Sustainability assessments of buildings, communities, and cities A2 - Klemeš, Jiří Jaromír. *Assessing and Measuring Environmental Impact and Sustainability*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- BRE 2012. *BREEAM Communities Technical Manual*.
- BRE. 2013. *BREEAM The world's leading design and assessment method for sustainable buildings [Online]*. Available: <http://www.breeam.org/> 2013].
- CEN, E. C. F. S. 2010. Sustainability of construction works - Sustainability assessment of buildings - Part 1: General framework. CEN/TC 350 - *Sustainability of construction works*.
- CEN, E. C. F. S. 2011. Sustainability of construction works - Assessment of buildings - Part 2: Framework for the assessment of environmental performance. CEN/TC 350 - *Sustainability of construction works*.
- CEN, E. C. F. S. 2012a. Sustainability of construction works - Assessment of buildings - Part 3: Framework for the assessment of social performance. CEN/TC 350 - *Sustainability of construction works*.
- CEN, E. C. F. S. 2012b. Sustainability of construction works - Assessment of buildings - Part 4: Framework for the assessment of economic performance. CEN/TC 350 - *Sustainability of construction works*.
- GBCA, G. B. C. A. 2016. *GreenStar [Online]*. Available: <http://www.gbca.org.au/green-star/> 2016].
- GORD, G. O. F. R. A. D. 2016. *GSAS Overview [Online]*. Available: <http://www.gord.qa/trust-gsas-resource-center-overview> 2016].
- HAAPIO, A. & VIITANIEMI, P. 2008. A critical review of building environmental assessment tools. *Environmental Impact Assessment Review*, 28, 469-482.
- IISBE, I. I. F. A. S. B. E. 2015. *SB Method and SBTool [Online]*. Available: <http://iisbe.org/sbmethod> 2016].
- ISO, I. O. F. S. 2008. *Sustainability in building construction -- General principles*.
- ISO, I. O. F. S. 2010. *Sustainability in building construction -- Framework for methods of assessment of the environmental performance of construction works -- Part 1: Buildings*.
- ISO, I. O. F. S. 2011. *Sustainability in building construction -- Sustainability indicators -- Part 1: Framework for the development of indicators and a core set of indicators for buildings*.
- JSBC & IBEC 2014. *CASBEE for Urban Development Technical Manual (2014 Edition)*. In: IBEC, J. A. (ed.).
- JSBC & JAGBC. 2014. *CASBEE: Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency [Online]*. Available: <http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/overviewE.htm> [Accessed 2013].
- LEED. 2014. *Getting to know LEED: Neighborhood Development [Online]*. Available: <http://www.usgbc.org/articles/getting-know-leed-neighborhood-development> [Accessed 2014].
- LÜTZKENDORF, T., HÁJEK, P., LUPIŠEK, A., IMMENDÖRFER, A., NIBEL, S. & HÄKKINEN, T. 2012. New trends in sustainability assessment systems – based on top-down approach and stakeholders needs. *International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development*, 3, 256-269.
- MATEUS, R. & BRAGANÇA, L. 2011. Sustainability assessment and rating of buildings: Developing the methodology SBTool PT-H. *Building and Environment*, 46, 1962-1971.
- MELE, C. 2014. *Urban Issues and Sustainability*. E3S Web of Conferences, 2.
- PORTUGAL 2007. Decreto-Lei n.o 316/2007 - *Regime Jurídico dos Instrumentos de Gestão Territorial*.
- PORTUGAL 2011. Decreto-Lei n.o 76/2011 - *Projectos de Potencial Interesse Nacional*.
- SHEN, L.-Y., JORGE OCHOA, J., SHAH, M. N. & ZHANG, X. 2011. The application of urban sustainability indicators – A comparison between various practices. *Habitat International*, 35, 17-29.
- SOUTHFACE. 2016. *EarthCraft Green Building Certification [Online]*. Available: <http://www.southface.org/green-building-services/programs/earthcraft-building-certification> 2016].
- SRINIVASAN, R. S., INGWERSEN, W., TRUCCO, C., RIES, R. & CAMPBELL, D. 2014. Comparison of energy-based indicators used in life cycle assessment tools for buildings. *Building and Environment*, 79, 138-151.
- UNITED NATIONS. 2014. *World Urbanization Prospects: 10 The 2014 Revision, Highlights [Online]*. Department of Economic and Social Affairs, Population Division. Available: <http://esa.un.org/unpd/wup/> [Accessed 2014].
- WHITEHEAD, B., ANDREWS, D., SHAH, A. & MAIDMENT, G. 2015. Assessing the environmental impact of data centres part 2: Building environmental assessment methods and life cycle assessment. *Building and Environment*, 93, Part 2, 395-405.



The latest ISO 14001:2015 and its contribution to Sustainable Construction

Maria Lívia Costa

Federal University of Bahia. Polytechnic School. Industrial Engineering Program. Salvador, Bahia. Brasil. cmarialivia@gmail.com

Asher Kiperstok.

Federal University of Bahia. Polytechnic School. Industrial Engineering Program. Salvador, Bahia. Brasil. asherkiperstok@gmail.com

Sandro Fábio Cesar

Federal University of Bahia. Polytechnic School. Industrial Engineering Program. Salvador, Bahia. Brasil. sfcesarpaz@uol.com.br

ABSTRACT: The ISO 14001 is an international standard, worldwide recognized, whose purpose is to improve corporations' environmental performance, through the management of their environmental issues, thus contributing to sustainability, by preventing pollution and by meeting legal requirements. This article aims to discuss sustainability and the application of this standard within the construction sector in Brazil and its impacts upon construction companies. The methodology consists of the study of the concepts of sustainability and discussion of the major changes of the 2015 version as compared to the 2014 version. This comparative analysis has resulted in the observation of a new positioning of companies regarding the current version and the benefits that can be achieved by the construction companies that choose the ISO 14001:2015 certification. It was also observed how this new version can contribute to a more sustainable construction. This article also contributes to a comprehensive review of the implementation of an EMS (Environmental Management System) in construction companies.

Keywords *ISO 14001 Standard, Sustainability, Construction.*

1. INTRODUCTION

Concerns about the large ongoing global changes in the world, regarding to the economic situation of countries, climate change and the increasing social pressure, led governments to make efforts to take actions aimed at sustainable development and, in this context, organizations also play a key role. The construction sector stands out as far as the current environment and sustainable development are concerned, due to the large impact on the environment, since it displays a significant consumption of natural resources, energy and water. In addition, when there is the implementation of a project, all its surroundings is impacted during the construction phase, its use and even its deconstruction.

In this scenario, at the end of 2015, the new version of ISO 14001 was published, whose aim is to provide a structure with requirements for environmental protection, based on the prevention or reduction of adverse environmental impacts generated by business activities, and the need for compliance with legal requirements.

The aim of this paper is to discuss the main changes in the ISO 14001 standard, its application in the construction sector and the impacts on construction companies due to the implementation of the new version. The specific objectives are:

- Present the main changes and the impact on construction companies;
- Analyze the new ISO 14001:2015 version to identify the contribution of this standard, aiming at the achievement of a sustainable construction, taking into account the requirements of the ISO 21931:2010.

The methodology will be based on the analysis of the requirements of the ISO 14001:2015, comparing it to the ISO 14001:2004 version and the ISO 21931:2010 standard, which establishes guidelines for an environmental assessment of sustainable construction.

2. THE ENVIRONMENTAL MANAGEMENT SYSTEM BASED ON THE ISO 14001 AND THE REQUIREMENTS FOR SUSTAINABLE CONSTRUCTION

In the face of the current problems related to the environment and the increasing demands of environmental agencies to issue licenses, companies are pressured to demonstrate that they have an adequate environmental management. The set of ISO 14001 standards provides organizations with a guideline for the implementation of an EMS (Environmental Management System) for the adequate management of these issues and the aspects and impacts caused by such activities.

According to ISO 14001, an environmental management system is part of the management system used to manage environmental issues, meet legal and other requirements, addressing risks and opportunities.

The ISO (International Organization for Standardization) is an independent international organization, composed of 167 member countries, and, in Brazil, it is represented by ABNT (Brazilian Technical Standard Association), through the CB 38 (Brazilian Committee), in which its representatives participate in international meetings of the ISO/TC 207 committee, for the development of new ISO standards in order to build the Environmental Management.

The ISO 14001 standard has requirements to assess conformity in relation to its environmental management and, according to this new version, companies can either perform their own assessment, as well as a self-declaration, or a 2nd-party auditing (customers or other interested party) can be performed, or even get a certification body to perform an external audit and evaluate their EMS.

In order to meet ISO 14001, the following requirements must be fulfilled: the context of the organization, leadership, planning, support, operation and performance and improvement evaluation.

The ISO 14001 standard helps the implementation of the EMS, which contributes to improving the environment, the organization and its stakeholders. It may be applicable to any type of organization, provided that the environmental aspects of its activities, products and services are addressed, considering the life cycle.

In order to simplify and optimize resources, organizations seek to have an integrated system, that is why the update of ISO 14001 has been aligned with the Quality Management System ISO 9001 standard and the ISO 45001 standard for Safety and Health, which it is expected to be published by the end of 2016.

According to the American Industrial Hygiene Association, the ISO 45001 – Occupational Health and Safety Management System – was approved by the Committee members in June 2015. This standard will replace the current OHSAS 18001. ISO 45001 is an international standard, designed to assist organizations in improving their performance, regarding safety, health and well-being of workers.

In order to have an alignment among the Management System standards, the ISO/IEC Directives (ANNEX SL - High-Level Structure) was developed, which describe the structure to be used by all ISO management system standards.

Each organization should define the scope for its EMS, analyze the context in which the organization operates, checking issues related to the environment, both internal and external, and stakeholders' needs and expectations. For the successful implementation of an environmental management system, the commitment and involvement of leadership are essential.

After the implementation of ISO 14001, according to the 2015 version, the organization may either perform a self-assessment and self-declaration, or seek confirmation from a 2nd-party audit, such as customers or other interested party, interested in the organization, or seek a confirmation by another party, external to the organization, or even seek certification of its EMS by an external organization, i.e., an Certification Body (CB).

Figure 1 shows on the next page the structure of the EMS, according to ISO 14001:2015.

Context of the Organization	Analyze the internal and external environment, considering results and environmental conditions.
Leadership	At this stage, the organization should demonstrate the commitment by its leadership and directive board.
Planning	The organization should establish the EMS planning, considering the context, stakeholders and the scope of the EMS. It should determine the risks and opportunities related to its environmental aspects, legal and other requirements.
Support	The organization should provide resources, define competences, communicate with and raise awareness of the people working for the organization, taking into account its EMS.
Operation	At this stage, the organization establishes, implements and controls its processes in order to meet EMS requirements. It should also consider its preparation for emergencies.
Performance evaluation	The organization should monitor, measure, analyze and evaluate its environmental performance, considering the compliance to legal and other requirements. The directive board should perform critical audits and analysis.
Improvement	At this point, opportunities for the improvement of the EMS should be determined. Actions should be taken to deal with non-compliances and to improve the environmental performance.

Figure 1 – Structure of the Environmental Management System.

In Brazil, the Accredited Certification Bodies are accredited by INMETRO (National Institute of Metrology), which is in charge of doing so in the country. Currently, according to INMETRO website (2016), 21 active ACBs are registered, which can issue certificates to companies that comply with the ISO 14001 standard.

Data published by ISO survey in 2009 had 1,186 companies certified by ISO 14001 in Brazil, showing an increase in 2010 to 3,329 certifications. In 2014, this number decreased to 3,222 companies certified by ISO 14001, as shown in Figure 2 (ISO Survey, 2016).

This very research shows that, in other countries, such as France, in 2014, there were 8,306 certified companies, in China, 117,758 and, in the United States, there were 6,586. These data show that companies actually seek ISO 14001 certification, which minimizes its environmental liabilities and improves business environmental management and environmental impacts of the production of their goods. According to Mustafá (2016), among the rejection factors, the one that stands out most is the additional cost, because this is often analyzed separately, not taking into account several other factors that can facilitate the adoption of the system.

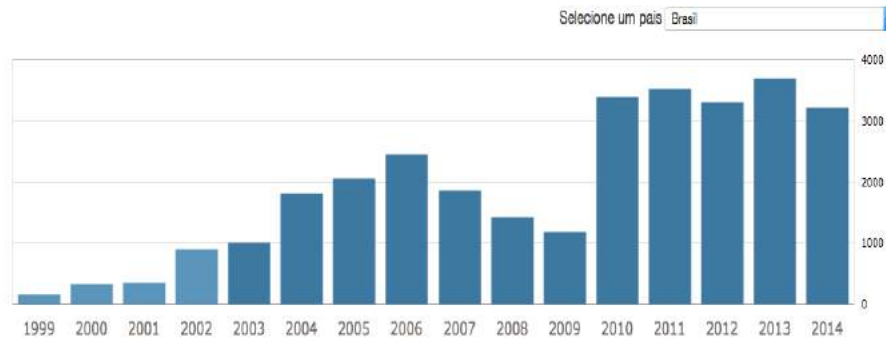


Figure 02 – Graph of the development of ISO 14001 in Brazil I (ISO Survey, 2016),
(Available in <http://www.iso.org/iso/home/standards/certification/iso-survey>)

According to Magrini and Tombo (2008), the main difficulty faced by companies in Brazil for the maintenance and implementation of EMS is the financial issue. The costs regarding the implementation consulting, investment on adequating production equipment and processes, the contract with the certifier, the EMS supervisory audits and system maintenance are significant obstacles.

Since 2012, companies in Brazil have been facing several financial difficulties, and this might be one of the causes for the drop in the number of certifications. Another factor that affected the market was the difficulties faced by Petrobras, Vale do Rio Doce, the automotive industry and other major industries, which established requirements to their suppliers, a leading and motivating factor for companies to maintain their EMS. Due to the economic crisis the country has been facing in the past years, the significant investment reduction of large companies made it difficult for many of them to keep their EMS.

Companies have difficulties to measure the gains from the implementation of the Environmental Management System, but, according to Mustafá (2016), many EMS actions do not increase the budget, on the contrary, they ensure reduction of waste and accidents, besides providing increased reuse and recycling of waste, with consequent cost reduction.

According to Aguiar and Nascimento (2014), the ISO 14001 certification is a renowned set of standards for EMS certification, but there are other environmental certificates that seek to classify organizations and show the next links in the chain, be them businesses or final consumers, that the practices and products are manufactured or extracted based on environmental concern.

Examples of such EMS certifications: CERFLOR (the timber industry), FSC (which reports on appropriate forest management), IBRAF - Sustainable Fruit, among others. Strategic sectors, such as Industry and Construction, might develop their own EMS certification, considering the three pillars of sustainability, economic, social and environmental, requirements of ISO 14001, ISO 21931 and ISO 15392. According to Fonseca (2012), including sustainable development in organizations' agenda is now one of the most important issues, and ISO has a range of standards that can help companies and organizations worldwide to obtain progress, considering the three pillars of sustainable development.

2.1 Main changes of the ISO 14001:2015 and their impacts on EMS implementation in the Construction sector

Every seven years, the ISO 14001 standard undergoes a review process, and the changes aim to meet market needs, and encourage better environmental management. The current version also presents greater adhesion, still with the structure of ISO 9001, thus facilitating the integration of systems. Companies will have a period of three years to conform to the new version of the standard.

With the new version, the concept of stakeholders has been expanded and the construction company should, at the time of the implementation, check people or organizations that might affect, be affected or perceive themselves affected by a decision or activity of the company, thus making a survey of these stakeholders and identifying their needs, taking into account customers, community (neighbors), suppliers, regulators, investors, employees and third parties.

The high direction directive board might succeed in the long run and contribute to sustainable development through environmental protection, in compliance with stakeholders' and legal requirements, using the life-cycle perspective during the design of the project, during the construction of the building, and during its use, resulting in financial and operational benefits, and still having a better image in the market.

The fundamental and strategic role is replaced on the high direction directive board, since now there is a specific requirement for leadership, and it is expected a greater involvement and participation, being it necessary that the leadership knows the environmental aspects and impacts, ensuring that the EMS requirements are being considered in the organization's processes and business. Environmental Policy must make it clear the organization's commitment to protect the environment, meet legal and other requirements, and improve the EMS to increase environmental performance.

Analyzing the context of the organization, of the project and of the work influences the strategic direction, regarding internal and external issues, which might be associated to environmental conditions relating to climate, air quality, water quality, land use, existing contamination, availability of natural resources and biodiversity. External issues related to compliance, legal requirements, regulation, information technology, finance and economy, culture and society.

Another significant change was the need for planning by adopting actions to analyze the risks and opportunities, taking into account the significant environmental aspects and impacts, legal requirements and other issues related to stakeholders. The construction company can also identify risks due to environmental spill, flood increase due to climate change, scarcity of resources, economic constraints, introduction of new technologies, shortage of water and energy.

According to ISO 14001 Annex A, when determining environmental aspects, the following aspects must be considered: air emissions, disposal in water and land, use of raw materials and natural resources, energy use, energy emission (for instance: heat, radiation, vibration, noise and light, generation of waste and/or by-products, use of space).

As for the aspects and impacts, the construction company should consider project changes, activities, new or modified products and services, and take into account the emergencies that can be predicted as well.

As to preventive actions, the item has been replaced, in the new version, the organization should assess the risks and propose actions to eliminate or reduce them. Thus, taking preventive action should be intensified, based on the need to assess the risks in all activities and also perform assessment of change.

According to ISO 14001:2015, it is necessary to consider the life cycle, consecutive and linked stages of a given product system (or service), from the acquisition of raw materials, or their generation from natural resources, until the final disposal. The stages in the life cycle include the acquisition of raw materials, design, production, shipping/delivery, use, post-use treatment and final disposal. Thus, the construction company must establish controls to address environmental issues in the development process of the project and during the construction, taking into account the stages of the life cycle. It should also consider information on potential environmental impacts associated with the delivery, use and post-use and final disposal of the enterprise.

Changes in the new ISO 14001 version are very significant, especially when it comes to the construction sector, since there are few incentives for companies to implement an SEM. Besides, being it a very traditional sector, very resistant to change.

The new version will bring a great impact to the construction companies, regarding the issue of context analysis and the active participation of leaders (high direction directive board), who must now demonstrate full knowledge of the organization's EMS. Making management changes, analyzing risks and opportunities, and performing analysis the life cycle; tasks that are far from the reality of the construction sector.

2.2 Requirements for a sustainable construction

According to ISO 15392, in order to apply the concept of sustainable development in construction and promote sustainable development at the same time, it will be necessary to achieve six objectives: the progress of the construction sector; reduction of negative environmental impacts; stimulus to innovation; stimulus to a proactive approach; the decoupling of economic growth and the increase of negative impacts on the environment and/or on society; the reconciliation of conflicting interests or requirements between planning or decision-making within a short term and a long term.

Also, this same standard describes 10 principles applied to sustainable development: continuous improvement, equity, thinking globally and acting locally, holistic approach, stakeholders' involvement, long-term vision, risk management precaution, accountability and transparency (ISO 15392, 2008).

The ISO 21931-1 standard establishes guidelines for an environmental assessment of sustainable construction. The organization should state the scope of the certification, be it for a new construction, a renovation, acquisition of a building, design and construction, evaluation of an existing building and deconstruction. The purpose of the environmental performance of the construction might vary, depending on the circumstances and the different scenarios. The following should be taken into consideration: the acquisition of building materials, the project and new constructions, improvement of the operation of

existing constructions during the phase of use, the “retrofit” project, in addition to the improvement of the equipment during the operation phase and analysis of the environmental performance of existing constructions.

Using requirements of ISO 21931:2010, the author has defined minimum requirements for sustainable construction, as shown in Table 1, in order to compare with the requirements of ISO 14001:2015, which directly address the issue of sustainability.

Table 1 – Comparison between ISO 14001 requirements and sustainable construction requirements.

Sustainable Construction Requirements	ISO 14001:2015 requirements that address sustainability
Relation between the building and its surroundings;	Context of the organization;
Energy use;	Environmental aspects;
Water consumption;	Environmental aspects;
Life cycle of the construction;	Planning and operational control;
Quality of components (products, including type, amount, material supply, logistic and the estimated life cycle of the material);	Planning, actions to address risks and opportunities, environmental aspects;
Construction process;	Operation, planning and operational control;
Maintenance services, repair and equipment improvement;	Operational planning and control and environmental aspects;
End of life cycle, including demolition/deconstruction, reuse, recycling and final disposal;	Operational planning and control
Occupants’ behavior during the operation phase;	Operational planning and control
Location of the construction and the influence of transportation upon users,	Context of the organization;
Construction management and the effects of energy and water consumption during the construction itself;	Operational planning and control;
Waste production, including commissioning of construction systems;	Operational planning and control;
Available infrastructure;	Context of the organization;
Land use at the construction site.	Environmental aspects, operational planning and control.

Source: Own elaboration

As shown in Table 1, the construction company that chooses to carry out its project, considering sustainability criteria, is very close to achieve the implementation of an EMS, also meeting the ISO 14001 requirements. Sustainable construction criteria are focused exclusively on the enterprise. When the construction company chooses to implement ISO 14001, they consider requirements for completion of the project, compliance with legal requirements and also aspects of Business Management.

When there is implementation of ISO 14001 in a construction company, some benefits and advantages can be observed, such as: compliance with legal requirements and subsequent monitoring of the project conditions; reduction of waste amount, which leads to saving,

since discharge will be lower; motivation and better commitment by employees, due to training sessions; and environmental education, reducing air, noise and visual pollution and the consequent reduction of environmental impacts.

From the point of view of stakeholders, the company's image is improved, promoting a competitive advantage and greater confidence in the market. There are also some funding agents that value the implementation of EMS and environmental certification at the time of authorizing a loan to the organization.

Thus, from the issues of ISO 14001 standard, addressed in item 2 of this article, it can be said that only the leadership requirements, performance evaluation, support and improvement are not part of the sustainable construction items. This is so, because these are exactly ISO 14001 requirements dealing with Organization Management. Another important point is that, when a company opts for the implementation of ISO 14001, EMS practices should be applied to any business enterprise it carries out, unlike the sustainable construction certification, which certifies only a single enterprise.

3. FINAL CONSIDERATIONS

This article aims to discuss sustainability and the application of ISO 14001 standard in the civil construction sector in Brazil and the impacts on construction companies, from the publication of the new version

Based on this study, we can see that the standards studied have many points in common, and that the construction companies who want to implement the Environmental Management System or just build the enterprise with sustainability requirements have at their disposal guidelines to help with this process. The new ISO 14001 version displays significant changes regarding the management issue and the directive board, with an expected greater commitment and involvement from the leaders. These new requirements are aligned with market requirements, causing companies to worry about planning and risk management. Construction companies will have to make an additional effort to comply with the new version, especially those companies in which the directive board is not so involved with the EMS.

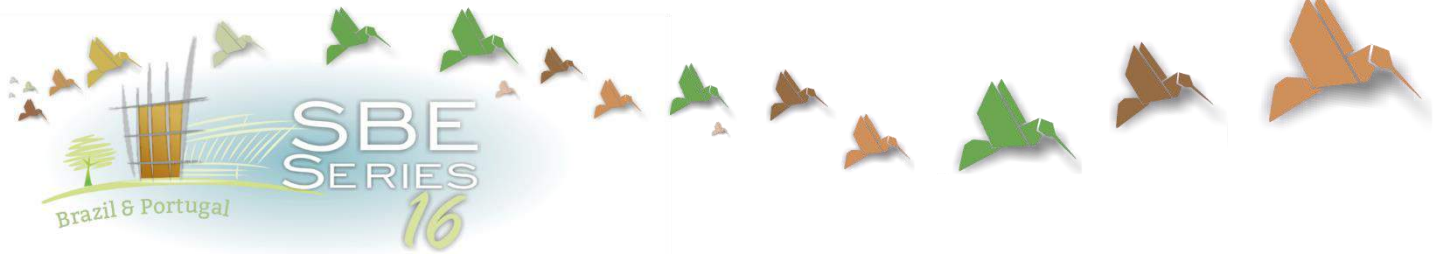
The main contribution of this study was to analyze the changes of the new ISO 14001 and make a comparison with the requirements for sustainable construction, based on ISO 21931:2010, considering the principles of sustainable construction in ISO 15392.

It was evident that ISO 14001 is more comprehensive, since it deals with the production process, of the company's management, compliance with legal requirements, and, when applied in full, it can bring great benefits to the company's management, to the environment and to the realization of sustainable construction projects.

A new study may be performed to measure the financial gains with the implementation of an EMS, considering that the compliance with legal requirements does not generate environmental liabilities, there are management efficiencies, waste reduction, better waste management, like recycling and no generation, in addition to the water and energy savings.

REFERENCES

- ISO 21931-1. *Sustainability in building construction – Framework for methods of assessment of the environmental performance of construction Works – Part 1: Buildings*. Geneva, 2010.
- ISO 15392:2008. *Développement durable dans la construction – Principes généraux*. Suisse, 2008.
- ISO 21929-1. *Développement durable dans la construction – Indicateurs de développement durable – Partie 1: Cadre pour le développement d'indicateurs et d'un ensemble d'indicateurs principaux pour le bâtiment*. Suisse, 2011.
- ISO 14001. *Sistema de Gestão Ambiental. Requisitos com orientações para uso*. ABNT. São Paulo, 2015.
- ISO 9001:2015. *Sistema de Gestão da Qualidade. Requisitos*. ABNT. Rio de Janeiro: 2015.
- ISO 19011:2011. *Diretrizes para auditoria de certificação*. ABNT. Rio de Janeiro:2011.
- ISO/IEC Directives, Part 1- Consolidated ISO Supplement. Available in: http://www.iso.org/iso/annex_sl_excerpt_-_2015_6th_edition_hls_and_guidance_online.pdf. Accessed in: January/2016
- Associação Brasileira de Higiene Ocupacional. *Aprovada a Norma ISO 45001: Sistema de Gestão de Segurança e Saúde no Trabalho*. Available in: <http://www.abho.org.br/aprovada-norma-iso-45001>, Accessed in: April/ 2016
- Aguiar. H. S; NASCIMENTO, P.T.S. *Certificar ou não? Um Estudo de caso sobre a necessidade de certificação do Sistema de Gestão Ambiental na empresa. XVII Seminários de Administração*. São Paulo. 2014.
- Fonseca, L.M.C.M., *ISO 14001:2015: An Improved Tool for Sustainability*. *Journal of Industrial Engineering and Management*. 2015. ISSN2013-0953.
- INMETRO – Dados de Certificações por código NACE. Available in: http://www.inmetro.gov.br/gestao14001/Rel_Certificados_Validos_Codigo_Nace. Accessed in: January/2016.
- ABHO. *Aprovada norma ISO 45001: Sistema de Gestão da Segurança e Saúde no Trabalho - Requisitos*. Available in: <http://www.abho.org.br/aprovada-norma-iso-45001>. Accessed in: January/2016.
- INMETRO. *Dados das certificadoras*. Available in: www.inmetro.gov.br/gestao14001 - Accessed in: January/2016).
- ISO Survey. *Evolução das Certificações*. Available in: <http://www.iso.org/isso/home/standards/certification/iso-survey>. Accessed in: February/2016.
- Mustafá, M.C. *O Sistema de Gestão Ambiental na construção civil: vantagens, dificuldades e mitos sobre sua implantação*. Revista Técnica. Edição 228. Editora PINI. São Paulo. SP.
- Magrini, A e Pombo, F.R. *Panorama de aplicação da norma ISO 14001 no Brasil*. *Gestão da Produção*. São Carlos. V.15, N.01 pag.1-São Paulo10. 2008.



Análise comparativa entre ferramentas de certificação ambiental relacionadas ao uso e gestão da água

Celso S. Bastos

Universidade Federal do Espírito Santo, Programa de pós graduação de engenharia ambiental , Vitória (ES), Brasil

Celsobastos10@gmail.com

Thais A. Rebello

Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de engenharia ambiental , Vitória (ES), Brasil

rebello.ayres.thais@gmail.com

ABSTRACT: The civil construction industry consumes big quantities of water in all its productive chain, and facing the necessity to attend the sustainability agendas recommendations, it's adjusting itself and taking responsibility in the market as a committed sector with matters related to the reduction of environmental impacts, this fact helps the grow of many evaluation methods. The goal of this work is to analyze some sustainable certification systems as BREEAM, CASBEE, LEED, SBTOOL, AQUA, Green Star and DGNB, to compare the purposes, evaluations and weights adopted in the criteria related to use and water management, considering the current environmental reality and, the hydro crisis, water scarcity and if the tools are consistent with the OSD in 2030 agenda. In the systems analyzed, water had a low importance and weight in opposition to other parameters such as CO₂ emission and energy efficiency that had the major importance in most tools. Among the systems analyzed, the maximum weight related to the total of each tool was found in CASBEE (15%) and the lowest was DGNB (2,3%). The criteria in each sustainable certification system are specific to each country and they should have an international consensus that would result in environmental and financial gain.

Keywords *Sustainable evaluation systems; urban water management; sustainable development; civil construction industry; hydro crises.*

1. INTRODUÇÃO

A água durante muito tempo foi considerada um elemento natural inesgotável e ainda há quem pense assim, mas a realidade é diferente, pois além de mal distribuída ela ainda é utilizada de forma indevida o que faz com que a porcentagem de água disponível atualmente decaia, trazendo sérios problemas de abastecimento e conflitos e entre povos e nações. Segundo a ONU, organização das nações unidas, (s.d), a água é considerada como o núcleo do desenvolvimento sustentável e fundamental para o desenvolvimento socioeconômico, ecossistemas saudáveis e para a própria sobrevivência humana.

No Brasil a má distribuição dos abastecimentos hídricos já é elevada, o que reflete no país de forma negativa e mesmo sendo beneficiado com grande porcentagem da água do mundo, o país apresenta grandes problemas de escassez devido ao mau uso e também a má distribuição. Nas últimas décadas, a degradação da qualidade da água aumentou a níveis alarmantes, resultando em vários rios e lagos poluídos o que afeta na saúde de grande parte da população.

Dentro deste quadro a certificação ambiental é um instrumento importante para orientar a implementação de melhores práticas sustentáveis no setor, pois define e pondera condições através de critérios que reduzem os impactos ambientais causados pelos empreendimentos. Os sistemas de certificações são reconhecidos como meio de contribuição para o desenvolvimento sustentável pelo Conselho Brasileiro de Construção Sustentável, criado em 2007, por difundir a utilização dessas práticas no setor da construção civil, trazendo qualidade de vida aos usuários, trabalhadores e ao ambiente em torno da edificação.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O Desenvolvimento Sustentável e a Agenda 2030

Viana (2002) destaca que a finalidade do desenvolvimento sustentável não é cercear a economia, mas, ao contrário, busca equalizar, conciliar, encontrar um ponto de equilíbrio entre atividade econômica e uso adequado, racional e responsável dos recursos naturais, respeitando-os e preservando-os para as gerações atuais e subsequentes. Além disso, enfatiza que esse "desenvolvimento" há de ser "sustentável" e implementado mediante uma visão holística e sistêmica, inserida no complexo indissociável que une homem e natureza.

Essa deve ser a razão do desenvolvimento sustentável e não apenas conservar os recursos naturais garantindo-os para gerações futuras, como comenta Diniz et al. (2001) em seu artigo. Todavia, o movimento pelo desenvolvimento sustentável sofre com resistências, principalmente dos grandes detentores do poder, que argumentam ser estratégia inviável, pois contrária ao desenvolvimento econômico (Viana, 2002; Nalini, 2003).

Em setembro de 2015, com a finalidade de definir os objetivos e compromissos para o desenvolvimento sustentável pós-2015, a cúpula das nações unidas sobre o desenvolvimento sustentável, se reuniram na sede da ONU em Nova York, onde foram

discutidos os novos Objetivos do Desenvolvimento do Milênio (ODM), que encerrou o prazo em dezembro 2015.

Na conferência do clima, ocorrida em Paris em dezembro de 2015 foi aprovado um acordo “juridicamente vinculativo”, entre os 195 países signatários, principalmente ratificado pelo EUA, por ser um compromisso se espera no mínimo um acordo “socialmente vinculante” pois mesmo que não tenha força legal, passa a ser um compromisso público que vincularia o cumprimento à cobrança da sociedade. A meta é conter o aquecimento global em no máximo 2°C com revisão a cada 5 anos à partir de 2020 e um repasse de 100 bilhões de dólares dos países ricos para os países em desenvolvimento.

A Conferência das Partes (COP) é o órgão supremo da Convenção e reúne regularmente os países que assinaram e ratificaram a Convenção e o Protocolo de Kyoto, desde 1995. Segundo a ONU, o ano de 2015 apresentou uma oportunidade histórica e sem precedentes para reunir os países e a população global e decidir sobre novos caminhos, melhorando a vida das pessoas em todos os lugares (ONUBR, [s.d]).

Na ocasião foi lançado o documento Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, na qual ficou definido um plano de ação, para cumprimento dos 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS). A Agenda 2030 será uma edição atualizada de todos os encontros anteriores desde o início dos conceitos do desenvolvimento sustentável ambiental da década de 90 e se espera que o novo acordo climático atinja os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável.

O Brasil apresentou seu INDC (Contribuições Nacionalmente Determinadas Pretendidas, em tradução livre), onde se compromete a reduzir em 43% as emissões de dióxido de carbono na atmosfera, zerar o desmatamento ilegal, reflorestar 12 milhões de hectares e diversificar fontes renováveis da matriz energética até 2030, entre outras ações, mas o país chegou a conferência com o peso do pior desastre ambiental com rejeitos de minério já ocorrido e com um aquecimento de 16% do desmatamento em 2014, deixando-o como assunto do evento.

2.2 A água, os ODM e os ODS.

Bertoldi (2001) comenta que a extração de água se multiplicou seis vezes nos últimos anos devido com o crescimento desordenado e que a extração indevida favoreceu a contaminação da água além do seu desperdício. Também acrescenta que as mudanças climáticas influenciaram diretamente na redução dos recursos hídricos.

Os ODM surgiram à partir de 2000, quando líderes mundiais se uniram e decidiram estabelecer uma agenda global de compromissos mínimos para o combater as desigualdades sociais, fome, doenças e destruição do meio ambiente. Foram criados oito ODM como um guia para esta estratégia conjunta e com metas previstas para 2015.

Na Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (CNUDS), conhecida também como Rio+20 (2012), ficou decidido pela continuidade às ODM, adotando uma perspectiva mais sistêmica: um olhar crítico ao modelo predominante de desenvolvimento econômico e seus impactos na humanidade e no meio-ambiente. Assim nasceu a ideia dos ODS, metas nos mesmos moldes dos ODM que visam dar continuidade aos sucessos dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio e corrigir as falhas dos seus precursores após 2015, ano limite das primeiras metas.

O secretário-geral das Nações Unidas, Ban Ki-moon, reiterou que a água potável e o saneamento são fundamentais para reduzir a pobreza, para o desenvolvimento sustentável e para cumprir os ODM. Apesar dessa advertência, o papel da água continua sendo um tema relativamente descuidado no período que antecedeu a COP 21, que está mais concentrado nas emissões de dióxido de carbono e mudanças climáticas (Deen, 2015).

A experiência dos Objetivos do Milênio demonstra que a abordagem vertical e isolada adotada em relação aos temas ambientais impactou negativamente em sua implementação. Desse modo, o Brasil tem trabalhado com os demais Estados Membros das Nações Unidas para que se possa alcançar formato mais transversal no que se refere à dimensão ambiental em todos os ODS, em particular em temas como manejo sustentável dos recursos naturais, oceanos, florestas, água, biodiversidade, urbanização e o desafio da mudança do clima. Dentre os ODS propostos foi destacado nesse trabalho o que se refere a questão da água, sendo esse o objeto 6 (ODS 6) - Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos.

Dentre as metas do ODS 6, destaca-se como potencialmente compatível com os sistemas de avaliações, o item 6.4, que recomenda que até 2030 deverá aumentar substancialmente a eficiência do uso da água em todos os setores e assegurar retiradas sustentáveis e o abastecimento de água doce para enfrentar a escassez de água, e reduzir substancialmente o número de pessoas que sofrem com a escassez de água.

2.3 A demanda pelo recurso na construção e seu impacto ambiental

Por ser uma atividade de transformação, a construção civil se caracteriza como um dos setores que mais consomem recursos naturais e geram grandes quantidades de resíduos, desde a produção dos insumos utilizados até a execução da obra e a sua utilização. Segundo Marcelo Takaoka, presidente do Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS), o grande desafio do setor é diminuir o consumo de energia e água nos empreendimentos.

Lucas (2001) comenta que o ambiente construído é um dos principais responsáveis pelo aumento do consumo de energia e água, e esta tendência tem vindo a aumentar ao longo dos anos, pois estes recursos são essenciais para as atividades humanas. O consumo excessivo de energia e de água está diretamente relacionado com as necessidades ao nível do conforto e da qualidade de vida da sociedade moderna.

De acordo com o comitê temático da água do CBCS, a construção civil é responsável por exorbitante parte do consumo de água potável no mundo. Em áreas urbanizadas chega a ser de cerca de 50% da água potável fornecida à região, podendo chegar a 84% como ocorre na cidade de Vitória (ES), de acordo com a Companhia Espírito Santense de Saneamento (Cesan). O uso adequado de fontes alternativas de água em substituição à água potável pode ajudar a reduzir esse valor em 30% a 40% colaborando para a mitigação dos impactos causados pela construção civil no meio ambiente.

A partir deste contexto, Waidyasekara (2013) comenta que esse fato corrobora com o crescimento de inúmeros métodos de avaliação nos países desenvolvidos e sendo adotado e adaptado nos países em desenvolvimento, cita também que os sistemas de avaliação de edifícios sustentáveis incentivam mudanças na indústria de construção e no mercado.

3. SISTEMAS DE CERTIFICAÇÃO AMBIENTAL DE EDIFICAÇÕES

3.1 Conceitos e aplicações

Os sistemas de avaliação ambiental de edifícios tiveram início na Europa, mais precisamente no Reino Unido, com o BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), propagando-se posteriormente pelos países da América, como é o caso do LEED (Leadership in Energy & Environmental Design), desenvolvido pelos Estados Unidos da América. Diversos países desenvolveram seus próprios métodos com parâmetros específicos para sua própria realidade e mercado lembra Lucas (2011), como é o caso do Japão, Portugal, Austrália e também do Brasil que adaptou o sistema francês HQE (Haute Qualité Environnementale) e criou o sistema AQUA (Alta Qualidade Ambiental). Existem diferenças entre os sistemas e as documentações requeridas, porém todas as ferramentas adotam o cumprimento de um pré-requisito.

Além disso, Cole (2005) afirma haver pouca dúvida de que os métodos de construção de avaliação ambiental têm contribuído para promover a promoção de maiores expectativas ambientais, e têm influência direta e indireta do desempenho dos edifícios. Este sucesso deriva da sua capacidade de oferecer uma estrutura reconhecível para as questões ambientais e mais importantes, proporcionar um foco para o debate de construção de desempenho ambiental.

Todos os métodos de avaliação sustentável tem o mesmo propósito que é melhorar o desempenho, aumentar a vida útil e reduzir os impactos causados ao meio ambiente pela construção. Novos conceitos projetuais, práticas corretivas e educadoras foram incentivadas garantindo assim, que outras gerações possam suprir suas necessidades futuras dispondo dos mesmos recursos. Cada sistema de avaliação discorre sobre parâmetros de sustentabilidade chave: energia, água, sítio, qualidade do ambiente interno e materiais preferencialmente certificados com selo verde.

Como dito por Grünberg (2014), a intenção dos selos de certificação ambiental é que o mercado em si impulse o melhoramento ambiental, seja por seu comprometimento com o tema, seja por questões mercadológicas como competitividade, mas ressalta que a transferência de um sistema de certificação apropriado para o cenário de um país para outro com características diferentes (sem adaptações) não é o caminho mais aconselhável, sendo imprescindível sua adaptação.

Com vários nomes usados pelos pesquisadores, como sistemas, ferramentas, ambientais ou sustentáveis, todos medem ou avaliam o desempenho do empreendimento sob a ótica do desenvolvimento sustentável. Busca-se o envolvimento de investidores, projetistas, construtores e usuários com ações concretas que permitam a redução no uso dos recursos naturais, aumentando o conforto e qualidade de vida dos usuários. Em alguns países, a certificação "(...) deixou de ser meramente estratégia de mercado e passou a ser condição para legalização do edifício" (Piccoli et al., 2010).

Para embasamento deste artigo, foram selecionados alguns sistemas de certificação de maior reconhecimento no mercado e entre profissionais. É fundamental distinguir o nível de sustentabilidade que se espera em um empreendimento e para isso as ferramentas de avaliação podem desempenhar um papel importante. Dentro os sistemas existentes foram selecionados o BREEAM, CASBEE, LEED, SBTool, AQUA, Green Star e DGNB. O Quadro 1

resume as ferramentas de certificação escolhidas como referências para esse trabalho e os seus conceitos ambientais.

Tabela 1. Sistemas de certificação e seus conceitos

Sistema de certificação	Categorias de avaliação	Informações adicionais
BREEAM Reino Unido (International new construction technical manual. Sd5075-1.0:2013)	Gestão, saúde e bem-estar, energia, transporte, água, materiais, resíduos, ocupação do solo e ecologia local, poluição e inovação.	Sistema de avaliação mais aceito internacionalmente. Possui versões adaptadas para diferentes países.
CASBEE Japão (for new construction-edição 2008)	Ambiente interno, qualidade dos serviços, ambiente externo dentro do lote do edifício, energia e recursos e materiais.	O quesito água não possui uma categoria exclusiva, mas está inserido em recursos e materiais.
LEED EUA (for building design and construction-versão 4)	Localização sustentável, eficiência da água, energia e atmosfera, materiais e recursos, qualidade ambiental interna, inovação e processo de design e prioridade regional.	Orientado para o mercado e possui como objetivo o desenvolvimento e implementação de práticas de projeto e construção ambientalmente responsáveis.
SB TOOL Consórcio entre países (Europa, Ásia e América) (Portugal-V2009/2),	Alterações climáticas e qualidade do ar exterior, uso do solo e biodiversidade, energia, materiais e resíduos sólidos e água.	Possui diversas versões em diferentes países, como o Canadá e Portugal por exemplo. Em cada país, existem ponderações diferentes que consideram os critérios nacionais bem como as características regionais.
AQUA Brasil (Edifícios não residenciais - 2014),	Espaços sustentáveis, uso eficiente da água, energia e atmosfera, materiais e recursos e qualidade do ambiente interno.	Primeira alternativa para certificação de empreendimentos no Brasil. Tem como objetivo desenvolver práticas de construção sustentável e o uso de materiais que geram menor impacto ambiental.
Green Star Australia (GSSA OFFICE V1.1-2014)	Energia, qualidade interna do ar, transporte, água, materiais, uso da terra e ecologia, emissões e inovações.	É um sistema de avaliação australiano voluntário para empreendimentos e para a comunidade.
DGNB Alemanha (Office version-2014)	Energia, demanda de água potável e volume de água residual, uso da terra, impacto ambiental da construção, qualidade interna do ar, desconstrução e desmontagem. Além destas o sistema possui categorias específicas que avaliam o conforto do usuário, bem como o custo do ciclo de vida e qualidade do empreendimento.	Visa dar a mesma importância para os aspectos econômicos e ecológicos da sustentabilidade. As avaliações são baseadas no ciclo de vida inteiro do empreendimento.

Os critérios adotados pelos diferentes sistemas de certificação são muito diferentes entre si, o que dificulta a seleção de um sistema apropriado por parte dos interessados em aplicá-los. Kennett (2009) relata que os sistemas de certificação mais comuns, ou seja, BREEAM, LEED e Green Star, utilizam unidades de medição comuns que permitem parceiros internacionais comparar o desempenho ambiental de edificações em cidades diferentes, usando uma "linguagem internacional".

3.2 Critérios de avaliação aplicados pelos sistemas de certificação ao uso da água

Os sistemas consideram créditos para reduzir ou eliminar o uso de água tratada em paisagismos ou irrigação, assim como a reciclagem e para o sistema de refrigeração. Também incentiva o aproveitamento de água da chuva, assim como o uso da água de condensação como fonte alternativa ao consumo de água tratada.

A diferença entre os padrões adotados pelos sistemas é considerada um problema para as empresas que pretendem adotar padrões globais em seus empreendimentos, pois a certificação obtida em um país pode ser considerada inferior em outra região se considerando o mesmo tipo de construção.

A tabela 2 apresenta em qual área a água é avaliada, os parâmetros e as ponderações correspondentes em cada sistema de certificação.

Tabela 2. Critérios para a água nos sistemas de certificações

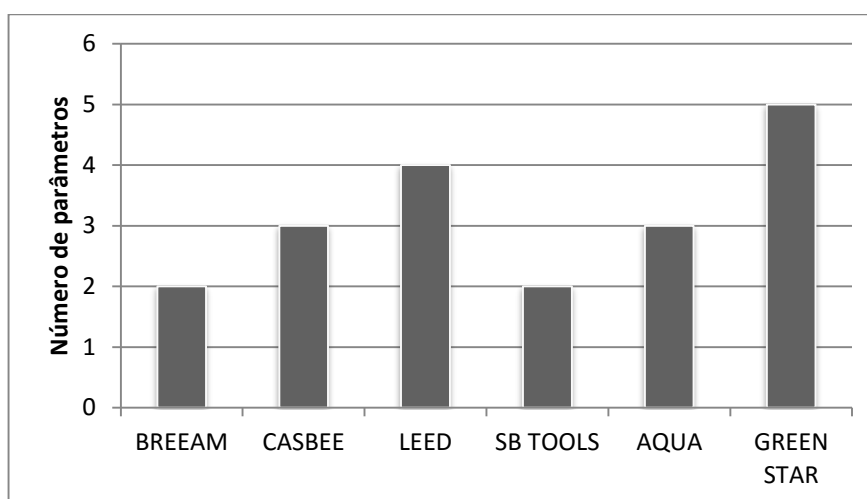
Sistema de Avaliação	Categoria de avaliação	Parâmetros	Ponderação (%)
BREEAM	Água	Consumo. Vazamentos.	6
CASBEE	Recursos e materiais	Economia de água. Utilização de águas cinza. Utilização de água de chuva.	15
LEED	Eficiência da água	Redução do uso de água no ambiente interno e externo. Medição do consumo em nível de empreendimento. Uso de água na torre de refrigeração.	9,1
SB TOOLS	Água	Consumo de água. Reutilização e utilização de água não potável.	6
AQUA	Gestão da água	Redução do consumo de água potável. Gestão das águas pluviais no terreno. Gestão das águas servidas.	8,7
Green Star	Água	Redução do uso de água no empreendimento. Eficiência da irrigação. Monitoramento, detecção de vazamentos e prevenção. Eficiência em sistemas de refrigeração. Consumo de água em sistemas de incêndio.	12
DGNB	Demanda de água potável e volume de água residual	Redução do consumo de água potável. Redução da geração de água residual. Utilização de águas de chuva Utilização de águas cinza.	2,3

Pode-se constatar que o sistema CASBEE foi o que mais pontuou o uso da água, sendo o 15% o percentual máximo a ser conquistado entre os critérios utilizados pelo sistema. Já o DGNB, apresentou a menor ponderação entre todos os analisados, considerando apenas 2,3% em relação às categorias do sistema.

O importante a destacar é que a diferença entre as ponderações dos sistemas não representam diferenças percentuais entre elas devido ao fato de que cada sistema ter sido desenvolvido dentro da realidade da região da sua origem, ou seja, os 2,3%

considerados pelo DGBN podem, em relação às questões sustentáveis, ser mais eficiente que o CASBEE com 15%. Nem sempre há equivalência em termos de características de sustentabilidade ou de impacto ambiental entre os sistemas. Esse fato reforça a necessidade de se criar parâmetros possível de serem entendidos e utilizados dentro dos mesmos conceitos globais, salvo alguns ajustes regionais. O gráfico 1 apresenta o número de parâmetros avaliados na categoria água para cada um dos sistemas de certificação.

Gráfico 1. Número de parâmetros avaliados na categoria água.



Não houve nenhum ajuste ou recomendação especial por parte dos sistemas de avaliação ambiental, em relação ao atendimento dos ODS para a Agenda 2030 do desenvolvimento sustentável, o que leva a acreditar que as ferramentas já estão avançadas nas questões ambientais e se forem seguidas as recomendações, os resultados alcançados estarão em conformidade com os objetivos podendo até superá-los em alguns pontos.

O ponto que pode ser considerado importante e que corrobora com a necessidade de se alinhar as ferramentas é em relação ao comissionamento do empreendimento em operação. Qual seria a maior economia de água tratada em um empreendimento em operação, comparando-se os resultados das aplicações das ferramentas certificadoras, ou seja, se objetivo é economizar água tratada, qual seria a ferramenta mais apropriada para se atingir esse resultado? Vale lembrar que todos os outros critérios também deverão ser levados em conta para que a obra seja considerada mais sustentável.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo a indústria da construção como uma das maiores vilãs dos consumos de recursos naturais, a busca pelo desenvolvimento sustentável é indiscutível, mas o impacto ambiental positivo possível de ser alcançado, só será significativo quando houver a adoção em massa dos empreendimentos com conceitos sustentáveis, pois a representatividade atual para obras certificadas não ultrapassa a casa de 0,5%, conforme afirmado por John (2010).

Waidyasekara (2013) entende que os sistemas de avaliação de edifícios sustentáveis precisam ser revistos em termos de eficiência e conservação de água no que tange a fase de construção através do estabelecimento de novos padrões de consumo. Isso vale para

todas as etapas que envolvem um lançamento de um empreendimento, que vai da sua concepção, fabricação e operação.

Pode-se argumentar, cita Reed (2009), que as características individuais de cada país, tais como o clima e tipo de estoque edifício, exigem uma ferramenta de avaliação de sustentabilidade individual para aquele país. Um empreendimento que recebe seis estrelas condecorado pelo Green Star como a mais alta classificação, pode ser menos sustentável que um empreendimento com a certificação platina, concedida pelo LEED como a mais alta e pontuação e equivalente ao um “muito bom” na classificação do BREEAM para edifícios.

O maior percentual entre as ferramentas analisadas nesse trabalho em relação a uso e manutenção da água foi do sistema CASBEE com 15% do total a ser pontuado, isso em termos de números, pois em eficiência, os 15% podem ser equivalentes a taxas menores em outros sistemas. Já o menor índice apresentado ficou com o DGNB com apenas 2,3%, o que também não comprova ser o menos eficiente nessa questão. No entanto, todos os sistemas têm por objetivo melhorar o desempenho e reduzir o consumo da água tratada em edificações.

REFERÊNCIAS

- BERTOLDI, Marcia Rodrigues. Hidroguerras: o líquido cobiçado deixa de ser o petróleo. Jus Navigandi, Teresina, ano 5, n. 49, fev. 2001. Disponível em: <<http://jus2.uol.com.br/doutrina/texto.asp?id=1701>>. Acesso em: 10/Nov/2015.
- CHEDIEK, J. *Negociações da agenda de desenvolvimento pós-2015: elementos orientadores da posição brasileira*. 09 de setembro 2014. PNUD Brasil. Coordenador Residente, Sistema ONU Brasil.
- Cole, R.J N Howard, T Ikaga, S Nibel - *World Sustainable Building ...*, 2005 - sb05.com Until the 1990.
- DEEN, T. Inter press service. Agência de notícias. Publicado dia 22 de outubro de 2015. Disponível em <<http://www.ipsnoticias.net>> . Acesso em: 26 de outubro de 2015.
- DINIZ, Nilo; SILVA, Marina; VIANA, Gilney (org.). *O desafio da sustentabilidade - um debate socioambiental no Brasil*. São Paulo: Fundação Perseu Abramo, 2001.
- Green Building Council Brazil. Construindo um futuro sustentável. 22/07/2015. Disponível em <<http://www.gbcbrazil.org.br/detalhe-noticia.php?cod=116>>. Acesso em: 04/12/2015.
- GRÜNBERG, PRM, et al. (p. 195-214 n abr.-jun. 2014)2014Ambiente & Sociedade n São Paulo v. XVII, n. 2 n
- IBDA, (s.d). Disponível em <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/>>. Acesso em: 03/11/2015.
- Kennett, S. BREEAM and LEED to Work Together on New Global Standard. Building UK, www.building.co.uk. Acesso em: 25 / 11 / 2015.
- JOHN, V., A Sustentabilidade na Visão de Quem Atua no Mercado. ArcoWeb, 2010, acesso em: 22/11/2015
- NALINI, José Renato. Ética ambiental. 2, ed. Campinas: Millenium, 2003.
- NEGOCIAÇÕES da agenda de desenvolvimento pós-2015: elementos orientadores da posição brasileira.09 de SETEMBRO 2014. Disponível em <http://nospodemos.org.br/upload/tiny_mce/2015/ODS-pos-bras.pdf>, acesso em: 14/10/2015.
- OBRALIMPA, (s.d). Os verdadeiros impactos da construção civil. Disponível em <<http://www.obralimpa.com.br/index.php/os-verdadeiros-impactos-da-construcao-civil/>>. Acesso em: 18/11/ 2015.
- ONU. S.d. Water and sustainable development. Disponível em <http://www.un.org/waterforlifedecade/water_and_sustainable_development>. Acesso em: 05/nov/2015
- ONUBR. [s.d]. 2015, momento de ação global para as pessoas e o planeta. Disponível em <<http://nacoesunidas.org/pos2015/>>. Acesso em:27/ou/ 2015.
- PICCOLI, R., KERN, A., GONZÁLEZ, M., & HIROTA, E. A certificação ambiental de prédios: exigências usuais e novas atividades na gestão da construção. *Revista Ambiente Construído*, v.10, n.3, p. 69-79, jul./set. 2010.
- PNUD. Bandeira é hasteada na Casa da ONU, em Brasília, para celebrar a adoção dos Objetivos de

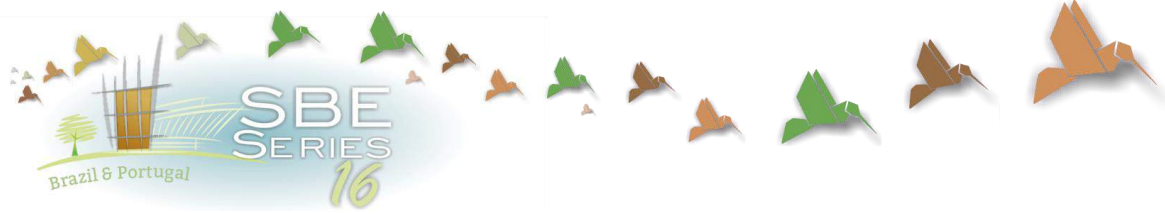
Desenvolvimento Sustentável. 28 de setembro de 2015. Disponível em <<http://www.pnud.org.br/Noticia.aspx?id=4157>>. Acesso em: 15/11/2015.

REED, R., BILOS, A., SARA WILKINSON, S., AND SCHULTE, K., *International Comparison of Sustainable Rating Tools*, JOSRE, vol.1, n.1, 2009

TAKAOKA, M. (s.d). Construção civil: reduzir o consumo de água e energia é o maior desafio. Disponível em <http://www.cbcs.org.br/userfiles/noticias/cbcsnaimprensa/190809_ethos_noticias.pdf>. Acesso em: 04/11/2015.

VIANA, José Ricardo Alvarez. O Direito Ambiental e o princípio do desenvolvimento sustentável. Jus Navigandi, Teresina, ano 6, n. 57, jul. 2002. Disponível em: <<http://jus2.uol.com.br/doutrina/texto.asp?id=2974>>. Acesso em: 05/10/2015

WAIDYASEKARA, K. G. A. S; DE SILVA, M. L.; RAMEEZDEEN, R. *Comparative study of Green building rating systems: in terms of water efficiency and conservation*. The second world construction Symposium 2013. Socio-Economic Sustainability in construction 14- 15 June 2013, Colombo, Sri Lanka.



Analysis methodologies fitness assessment of residential project sustainability for context Maceió - AL

Marcelle Maria Pais Silva Rebêlo

*Federal University of Alagoas, Architecture College, Maceió (AL), Brazil
marcellepais@hotmail.com*

Gianna Melo Barbirato

*Federal University of Alagoas, Architecture College, Maceió (AL), Brazil
giannamelobarb@hotmail.com*

ABSTRACT: The search for ways to measure the level of sustainability of buildings is increasing. We note the relevance of the application of methodologies that drive the act of designing more sustainable to improve the quality of the built environment in order to minimize their impact. Thus, this study aimed to verify certification systems and its better adaptation to climate and constructive reality of the city of Maceió - AL. The methodology consisted of a pre-selection of environmental certification systems for residential buildings and their application in a multifamily residential building project, set in the context of the city. They were applied in a residential building project certifications AQUA, Reference GBC Brasil Casa e Selo Azul Caixa, developed or adapted specifically for Brazil. It was found that the analysis of the building project failed to meet up with the minimum conditions to get the certification of selected systems, as it does not meet most of the mandatory requirements: opening area of environments for prolonged stay, absence of protection for shading, implementation on the land without concern for the orientation as regards the sun and wind, among other criteria considered important for achieving a more sustainable building in Maceió. Also, we noticed a gap of these instruments in important aspects related to urban infrastructure. It appears anyway a need for methods of measurement of the level of sustainability more targeted to specific circumstances to obtain a more reliable result in the level of design sustainability.

Keywords *sustainability, architectural design, assessment methodologies.*

1. INTRODUCTION

The construction industry accounts for a significant portion of the impacts on the environment arising from human activities, because their activities require great demand for natural resources and production. However, despite progress, these activities still do not have more appropriate technologies for their implementation (GRAMACHO et al, 2013).

Sobreira (2010) attests that there is growing demand for the measurement means of building sustainability level through certifications that will assign "value" to these buildings. These measurement methods are important for the determination of scanning parameters of compliance with various aspects of sustainability (Grunberg, MEDEIROS, TAVARES, 2014).

It is known that the emphasis on aspects adopted by each certification system is based on the priorities of the environmental agenda in each country (SILVA, SILVA and Agopyan, 2003). Internationally certified buildings do not necessarily correspond to the needs and reality of others (SILVA, 2013). In this regard, it emphasizes the importance of developing methods for measuring environmental sustainability level facing specific climatic realities.

Given the above, this article aims to apply certification systems in a multi-family residential building project in order to verify compliance with the criteria set for them and determine which is best suited to the climate and constructive reality of the city Maceió - AL.

2. MATERIAL AND METHODS

At first, we selected three seals that have been developed specifically for the country and the residential area: Seal Casa Azul, AQUA and Reference GBC Brasil Casa.

The Seal Casa Azul is an environmental rating of residential developments Caixa Economica Federal. It was developed by a multidisciplinary team in partnership with the Polytechnic School of the University of São Paulo, Universidade Federal de Santa Catarina and State University of Campinas. It is the first project sustainability rating system offered in Brazil, developed for the reality of the Brazilian housing construction. The Blue House Seal has 53 evaluation criteria in six categories that guide the project classification

The creation of the Brazilian certification AQUA (High Environmental Quality) was carried out by the Foundation Carlos Alberto Vanzolini, in partnership with the Department of Production Engineering from the Polytechnic School of the University of São Paulo (USP) and the Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) . The system adopts more appropriate problematic to Brazilian regional panoramas to be analyzed (VANZOLINI Foundation, 2007). It is a methodology adapted to the Brazilian regional context, from a pre-existing French system certification, the HQE (Haute Qualité Environnementale).

The certification process AQUA is completely independent of the French authorities, through on-site audits, who spend exclusively in Brazil. In the universe of the 14 categories that make up the certification of technical reference, there are 38 sub-categories that are broken down into about 160 concerns, of which over 40% is required to achieve the minimum concept (good) in each category, which does not it is sufficient to achieve the certificate.

The Referential GBC Brasil Casa (GBC Brazil, 2014) is a design tool, construction and operation. With a simple structure, it is based on performance specifications and makes

reference to the environmental principles and energy use in consolidated standards and third party agencies recommendations, with recognized credibility.

It was developed by the Green Building Council Brazil with over 200 professionals from various sectors involved, organized in technical committees distributed in different areas of sustainability of a building: implementation, rational use of water, energy efficiency, materials, indoor environmental quality and responsibility social.

After the selection of seals, a residential architectural design for multifamily individualized application of environmental certification systems was chosen. The choice of the project took into account typological characteristics that according to IBGE (2010) were the most common design patterns of local building - apartments with two to three bedrooms.

The selected architectural design has six (6) floors types, more pilotis and basement; It consists of two (2) independent units that communicate only by common floor areas and has been developed in practice of conventional construction, not being designed in an integrated manner. There was the employment of staff to carry out compatibility in the final project phase.

Selected certification systems have been applied in the residential project. The categories relating to social practices have not been evaluated. Finally, we performed comparative analysis in order to verify the adaptation of the same environmental and constructive local reality.

3. BACKGROUND

Maceio, the capital of Alagoas, with an area of 510.655 km², has hot and humid weather, with annual average temperature around 25 ° C, average relative humidity of 78%, southeast of prevailing winds and average annual rainfall of 2167,7mm with rainiest months from April to July (BRAZIL, 1992). In this study, parameters were considered for evaluation of projective bioclimatic strategies indicated by Steps (2009) for housing architecture in Maceió and described in Table 01.

Table 01 - Bioclimatic strategies for Maceió-AL.

Bioclimatic Strategy	Architectural Elements	Conditions
Natural ventilation daytime	Mobile shutters, louvers, window frames Pivoting	Control openings
Night natural ventilation	Pergola, ventilated sills	
Evaporative cooling	Vegetation	Do not use hybrid means/resources
Shadowing	Overhangs, louvers, cobogós	
Protection against rain	Eaves	

Source: Adapted from Passos (2009).

As for the infrastructure of the studied reality, Maceió has 203,565 households connected to the public water supply (74, 3%) but only 30.4% of the units have access to the sewage disposal system. Disposal of solid waste is accessed by 97.6% of housing units through the garbage collection offered by the municipality, collected by cleaning or waste bins service (IBGE, 2010).

The distribution of electricity in Maceió is accessed in 98.5% of housing units that are connected to the municipality's power distribution network. Less than 50% of the roads have culverts, as it demonstrates the fragility of the urban drainage system aggravated by the constant flooding in the city during the rainy season. In 38.3% there is open sewage. As for urban mobility, Maceió has as a means of public transport bus and urban train. There is irregularity of service, high waiting time at bus stops and the lack of maintenance of vehicles.

4. RESULTS AND DISCUSSIONS

4.1 Application of Selo Azul Caixa

It is observed that a total of 53 criteria, only 14 have been met. However, from the 18 mandatory criteria, they fulfilled 11. Some observations:

- The criterion 1.1 was met due to the fact that the land on which the project under analysis will be built observed all requirements, including schools and colleges. It is an area with a large flow of vehicles located in an expanding region of the city, including the opening of new routes. Furthermore, there are no sources of noise, excessive and constant odors and pollution in the proximity of the terrain.
- Criterion 1.5 was not included, since the analyzed field is not characterized as urban void.
- In the category Design and Comfort, it was found that the landscape design around the building was not done, aside from just some small garden areas on the stilts floor. The project was not designed to forecast changes; but internal changes may be proposed by the owners and executed upon approval of the construction. Also, measures that could provide the neighborhood with suitable conditions of insolation, ventilation, among others, were not set out.
- Criterion 2.7 was not met as regards the size of the openings for ventilation and lighting. The recommended thermal transmittance was obeyed regarding the recommendations for external walls. As for the cover system, the heat transfer coefficient is $3.73 \text{ [W / (m}^2\text{K)]}$ just above the maximum recommended value ($\leq 3.70 \text{ [W / (m}^2\text{ K)]}$).
- Criterion 2.8 has become optional for the bioclimatic zone 8, after the review to adjust it to NBR 15,575 (2013) and Seal Procel Edifica (PROCEL INFO, 2013), being only recommended shading in long-stay rooms facing west. On the other hand, we know the importance of building on the land accordingly to avoid excessive heat gain in the environment causing discomfort for future user.
- In the category Energy Efficiency, from the 8 criteria only 2 were met. There are plan for presence sensors, but there is no solar heating systems and heating planned gas project. There is a natural gas forecast for kitchen supplies.
- Within the category of Water Management, the only criterion that was met is the 5.1, which indicates that the use of individual meters. There was neither provision for rainwater harvesting, nor for its retention for later disposal, or its to natural infiltration.
- The 3% of accessible units was not observed in the project. There is only accessible in public areas. The doors of the bathrooms of the apartments have a width of 0.70 m below the recommended by the NBR 9050 (ABNT, 2015).
- One of the requirements to fulfill the criterion 1.1 is the existence of treatment within the project or sewage treatment plant in the region. The project provides an anaerobic wastewater treatment plant. This item is important, given the data of IBGE (2010) as regards the domestic sewage of the local reality.

4.2 Application of Referencial GBC Brasil Casa

The application of certification shows that within the 62 criteria distributed in 7 categories, 11 criteria were met, with only 4 required. Some observations:

- Within the category Implementation of the 16 criteria, only 4 have been met, with anyone being mandatory.

- The land selection was made in an appropriate place, without environmental restrictions and in an area close to community resources and public transport.
- Within the 12 criteria not met, it is worth mentioning the inadequacy of the implementation of the building on the land without providing more pleasant conditions of environmental comfort.
- In the category Rational Use of Water, only 1 criterion was met, regarding the installation of individual meters. There is no provision of installation reducing consumption equipment or for irrigation use.
- Within the category Energy and Atmosphere, from 14 criteria only 2 were met. The Indoor Environmental Quality category had no criteria met, highlighting the lack of concern with performance in environmental comfort of the building.
- Within the category Materials and Resources, 3 criteria were met, showing a concern for the origin of the wood used in the work, and the management of waste generated.
- Despite the fact that Referential GBC Brazil Casa did not deal with the disposal of wastewater, the project provides an anaerobic wastewater treatment plant, included in the category and Innovation and design criteria.

4.3 Application AQUA

The AQUA certification requirements are divided into 14 categories, grouped into four themes: Environment; Energy and economies; Comfort; Health and safety. Within each category there are subcategories, in turn, can have more than one item to be served. We note greater requirement in order to obtain the seal in that certification system compared to the others.

Regarding the 14 categories, 9 were not fulfilled in any of the criteria and requirements (building's relationship with its surroundings; energy management; waste management; Comfort hygrothermal, acoustic comfort, visual comfort; Comfort Olfactory; health Quality of Air and water. It is noteworthy, however, a higher level of requirements of the criteria for its scope in relation to other studied certification systems. For example, one of the criteria for Category Water management requires the prediction of annual consumption of drinking water and, therefore, provides the fulfillment of three items: estimate the annual consumption of drinking water in m³ / year by residents and transmit this information to future users in the owner's manual and common areas; estimate the annual consumption of drinking water in m³ / year for the common areas and identify the total consumption of non-potable water in m³ / year, if any, and their points of consumption in housing units and common areas.

In the remaining 6 categories (Quality of components; Sustainable Construction, energy management, water management, management of conservation and maintenance of spaces and quality), some criteria were partially met and there was no criterion obeyed in all of their requirements. Some of the obeyed requirements were the use of legalized wood, commitment to job responsibilities, the use of ceramic tile in the wet areas environments, installation of access control device in the building entry, location of individual water meters in the common area.

It was observed that in order to achieve a criterion within each category it necessary to meet up several requirements, turning that system of certification a bit difficult to be obtained. An account of the score was not possible; thus, it was not possible to achieve the minimum qualification to obtain the AQUA certification.

4.4 Comparative analysis of the applied certification systems

Table 05 lists the categories and criteria of the three certification systems applied in the case study. We observed similarities between categories and criteria but there is a wider range of requirements to be met for the scope of a project and therefore a more sustainable building by AQUA certification system.

Table 05 - Relationship between the categories and criteria for certification systems Selo Casa Azul, Referencial GBC Brasil Casa and AQUA (criteria in bold and same color of cells have similar objectives).

CATEGORIES	CRITERIA – SELO AZUL CAIXA	CRITERIA – REFERENCIAL GBC BRASIL CASA	CRITERIA - AQUA
URBAN QUALITY/ IMPLEMEN- TATION/ BUILDING RELATIONS HIP WITH THE ENVI- RONMENT/ IN CHARGE OF THE SITE	Surrounding quality - Infrastructure	Control of erosion, sedimentation and dust in construction activity	Analysis of the development
	Surrounding quality - Impacts	Project orientation - Solar Charter	Land organization in order to create a pleasant environment
	Improvements of Environs	Do not use Invasive Plants	
	Recovery of Degraded Areas	Urban Development Certificate	Land organization to promote the EcoMobility
	Rehabilitation of Homes	Land Selection	Commitments and objectives of the site
		Location Preferably Developed	Organization of site
		Basic Water and Sanitation Infrastructure	Management of construction waste
		Proximity to Community Resources and Public Transportation	Limitation of nuisances and pollution at construction site
		Access to Open Space	Consideration of social aspects in construction site
		Site Administration	
	landscaping		
	Heat Island Reduction - Floor and Coverage Areas		
	Control and Management of rainwater - Quantity		
	Control and Management of rainwater – Quality		
	Control of Pest Without Poisons		
	Compact implementation		
WATER MANAGE- MENT / RATIONAL USE OF WATER / WATER MANAGE- MENT	Individualized Measurement - Water	Rational Use of Water - Basic	Measurement of water consumption
	Economizers devices - Discharge System	Single Measurement of Water Consumption	Reduction of the distributed water consumption
	Economizers devices - Aerators	Rational Use of Water - Optimized	hot water need
	Economizers devices - Registration Flow Regulator	Submetering Water Consumption	Management of wastewater
	Rainwater utilization	Efficient Irrigation Systems	Rainwater management
	Rainwater retention		
	Infiltration of Rainwater		
	Permeable areas		
ENERGY EFFI- CIENCY/	Low consumption lamps - Private Areas	Performance of envelopment	Thermal design
	Economizers devices -	Efficient Water Heating Sources	Reducing energy

ENERGY AND ATMOSPHERE / ENERGY MANAGEMENT	Common Areas		consumption for air conditioning systems, ventilation and exhaust
	Solar Heating System	Quality of Electrical Installations of Low Voltage	solar thermal and / or photovoltaic panels
	Heating Gas Systems	Artificial lighting	System performance for hot water production artificial lighting
	Individualized Measurement - Gas	Get the PBE Build label	
	Efficient elevators Efficient Appliances	Meet Level A of PBE Edifica Solar Heating Efficient sources	Elevator (if any) Reducing the energy consumption of other equipment
	Alternative energy sources	Artificial lighting - Optimized	Control of energy consumption
		Gas Refrigerant Management Residential Efficient Electronics Equipment Renewable energy Commissioning Installed Systems Measurement and Verification	
RESOURCE CONSERVATION MATERIALS / MATERIALS AND RESOURCES / CONSERVATION MANAGEMENT AND MAINTENANCE / WASTE MANAGEMENT / QUALITY OF COMPONENTS	Modular coordination	Waste Plan Construction Management	technical quality of the materials, products and equipment used environmental quality of the materials, products and equipment used
	Quality Materials and Components	Legalized wood	
	industrial components or Precast Forms and Reusable Anchors	Plan for Waste Management of Construction and Operation Certified wood	sanitary quality of materials products and equipment used floorings (vertical condominiums) floorings (houses)
	Construction and Demolition Waste Management (RCD)	Environmentally Preferable Materials	
	Concrete with Optimal Dosage	Contaminants Material Control	Choose product manufacturers and service providers who do not practice informality in the production chain
	Blast Furnace Cement (CPIII) and pozzolanic (CP IV)	materials Certificates	Identify and classify the use of waste production and operation for the purpose of valuation
	Paving with RCD	Desmontabilidade and Waste Reduction - Structural Systems	Choose the collective mode of waste storage
	Facade of Serviceability	Desmontabilidade and Waste Reduction - Non-systems structure	Reduce waste and improve screening
	Wood Planted or Certified	collective storage of the waste regardless of the project waste removal (requirement to be satisfied if the waste storage is done in the enclosure venture)	

			Information about maintenance Control of water flow Maintenance of waste storage area (if any) Design to ensure efficient maintenance of the other equipments technical management of building and home automation systems
DESIGN AND COMFORT / INDOOR ENVIRONMENTAL QUALITY / HYGROTHERMAL COMFORT / ACOUSTIC COMFORT / VISUAL COMFORT / OLFACTORY COMFORT / QUALITY OF SPACES	landscaping	Flue Gas Emission Control	Implementation of architectural measures to optimize hygrothermal comfort of summer and winter Comfort in winter period Comfort in summer period
	Design Flexibility	Located Exhaustion - Basic	Comfort in winter period
	Relationship with the Neighborhood	Internal Environmental comfort	Comfort in summer period
	Workaround Transport	Local Moisture Control	Measure the level of humidity
	Place for Selective Collection	Located Exhaustion - Automated	Take account of the acoustics in architectural provisions
	Equipment Leisure, Social and Sports	Contaminants Particles Control	sound quality
	Thermal Performance - Prohibitions	the Garage Coming Pollutants Protection	External visual context
Thermal Performance - Orientation to the Sun and Wind	Radon protection - high risk areas	Natural lighting	
Natural lighting of common areas	acoustics	Artificial lighting	
Ventilation and lighting Bathrooms Natural		Control of sources of unpleasant odors	
Physical adaptation to terrain conditions		Ventilation	
INNOVATION AND DESIGN	The project schedule	Integrated Planning and Design Quality Management, aimed at durability User manual Product Environmental Declaration Innovation and Design	
REGIONAL CREDITS		Regional Priorities: North Regional Priorities: Northeast Regional Priorities: South Regional Priorities: Southeast Regional Priorities: Midwest	
DISCRETION BONUSSES	It consists of not contemplated project items among the criteria stamp and contribute to sustainability project, if previously approved by CAIXA.		
HEALTH QUALITY OF			Control external pollution sources

AIR		Control the internal sources of pollution Ventilation Measuring air quality
HEALTH QUALITY OF WATER		Water quality Reduce the risk of legionellosis and burns
SOCIAL PRACTICES / SOCIAL REQUIREMENTS	Not Rated.	

As much as systems are based generally on the NBR 15575 (ABNT, 2015) for the definition of appropriate conditions for achieving a more environmentally comfortable building, we observe a weakness in this respect, as on the adoption of bioclimatic strategies for the project, the norms speaks of a percentage of opening to allow ventilation, but do not address the need for strategies like cross ventilation and shading.

The certification system AQUA is the only one among the applied systems to state that in the bioclimatic zone 8, provision should be made for the cross ventilation, but it does not address other bioclimatic strategies.

6. CONCLUSIONS

The systems have similarity in their categories and criteria, and we noted criteria with similar goals in different categories. The Aqua system was more comprehensive compared to other systems. The Referential GBC Brasil Casa was more complete and detailed than the Blue House Seal system for the specific application of the case study. However, all fail to examine important aspects when facing climate and constructive conditions of Maceió-AL.

It is noted that accessibility is addressed only in the building, forgetting its integration with the surroundings. The sewage is observed in simplified form in the Aqua Seal and Casa Azul Systems, which is one of the major national and municipal issues under study, among others.

The Referential GBC Brasil Casa system, for the context under study, fits more adequately in the assessment of climatic conditions and environmental comfort, it has a greater focus on the implementation and impact on the neighborhood, as the thermal performance of the envelope, among others. The Blue House Seal emphasizes fundamental issues of municipal infrastructure.

Considering only the environmental characteristics, the reference GBC Brasil Casa fits better with the climate context of Maceió-AL. However it is necessary to emphasize that their use does not necessarily imply that the local sustainable construction will be possible. One should check the requirements of the specific set of implementation of the project environment, thus enabling a real sustainable project.

The application of seals for the case study showed, finally, that projects developed especially within the conventional construction practices do not reach the minimum level for a certification of environmentally sustainable construction, since it does not meet criteria considered mandatory.

REFERENCES

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 15.220: Desempenho Térmico de Edificações*. Rio de Janeiro, 2005.
- _____. *NBR 15.575: Edificações Habitacionais — Desempenho*. Rio de Janeiro, 2013.
- _____. *NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos*. Rio de Janeiro, 2015.
- BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, Dep. Nacional de Meteorologia. *Normais climatológicas 1961-1990*. Brasília, DNMET, 1992. 84p.
- _____. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). Portaria nº18, de 16 de janeiro de 2012. *Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais*. Rio de Janeiro, 2012.
- CAIXA ECONÔMOCA FEDERAL. Selo Casa Azul: Boas práticas para habitação mais sustentável. *São Paulo: Páginas e Letras—Editora e Gráfica*, 2010.
- CAIXA ECONÔMOCA FEDERAL. 2012. Imprensa, *release*. Disponível em <http://www1.caixa.gov.br/imprensa/imprensa_release.asp?codigo=6911973&tipo_noticia=53> Acesso em 20 de janeiro de 2016.
- GRAMACHO, Bruna Bastos;| BARROSO, Felipe Kreuts; MACHADO, Márcio Ferreira; BARRETO, Raul Antônio Dantas; ARAÚJO, Paulo Jardel Pereira. Construção sustentável: soluções para construir agredindo menos o ambiente. *Cadernos de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas*, Sergipe, v. 1, n.16, p. 97-110, mar. 2013.
- GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL - GBC. *Referencial GBC Brasil Casa*. São Paulo: GBC - Brasil, 2014.
- GRÜNBERG, Paula Regina Mendes; MEDEIROS, Marcelo Henrique Farias; TAVARES, Sergio Fernando. Certificação ambiental de habitações: comparação entre LEED for Homes, processo AQUA e Selo Casa Azul. *Ambiente & Sociedade*, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 195-214, abr./jun. 2014.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. *Censo Demográfico 2005. Características da população e dos domicílios. Resultados do universo*. Rio de Janeiro, 2006.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. *Censo Demográfico 2010. Características da população e dos domicílios. Resultados do universo*. Rio de Janeiro, 2011.
- PASSOS, I. C. da S. *Clima e arquitetura habitacional em Alagoas : estratégias bioclimáticas para Maceió, Palmeira dos Índios e Pão de Açúcar*. 2009. 173 p. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2009.
- PROCEL. Etiqueta em Edificações. [2013?]. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={F48ABFE1-2335-4951-9FF9-C5E9B27815AC}>>>. Acesso em: 08 abr. 2013.
- SILVA, Vanessa Gomes; SILVA, Maristela Gomes; AGOPYAN, Vahan. Avaliação de edifícios no Brasil: da avaliação ambiental para avaliação de sustentabilidade. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 3, n. 3, p. 7-18, jul./set. 2003.
- SILVA, M. C. C. *Instrumento para pré-avaliação da seleção de materiais em projetos que visam certificação ambiental*. 2013. 89 p. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013.
- SOBREIRA, F. Arquitetura e Sustentabilidade: os riscos da onda verde. In: 19º Congresso Brasileiro de Arquitetos – CBA, 2010. *Anais...* Recife, CBA, 2010.



Processo de Etiquetagem de Edificações (PBE Edifica): Uma revisão.

Regiane Faria Giacomini

Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), PPGEC, Vitória (ES), Brazil
regiane.arq@gmail.com

João Luiz Calmon

Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), PPGEC, Vitória (ES), Brazil
calmonbarcelona@gmail.com

RESUMO: O setor elétrico tem promovido ações que visam o uso eficiente de energia elétrica, inclusive na construção civil. Desde a crise do petróleo na década de 1970, a produção de energia vem sendo questionada e atualmente há várias iniciativas no âmbito internacional sobre eficiência energética nas edificações, como os programas de etiquetagem e as certificações ambientais. No Brasil, o Procel Edifica/Eletronbras e o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro) atuam em parceria com os Ministérios de Minas e Energia e das Cidades, além de Universidades, entidades das áreas econômicas, indústria da construção civil, etc, no sentido de difundir e aprimorar o processo de obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) para edificações. Com a aplicação do processo de etiquetagem é possível melhorar a qualidade dos projetos arquitetônicos e fornecer ao consumidor informações para comparação da eficiência energética de imóveis disponíveis. No entanto, há dificuldade em se obter informações para alimentação do método, como dados climáticos e propriedades térmicas de materiais, além da complexidade dos cálculos e manuseio dos programas, destacando a importância da academia estar em harmonia com a prática profissional. Assim sendo, o objetivo deste artigo é apresentar uma revisão com análise de pesquisas que aplicaram a regulamentação específica do Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações (PBE Edifica) em edifícios residenciais, comerciais, públicos e de serviços. Foram abordados benefícios, limitações e dificuldades do uso deste método nas edificações avaliadas nessas pesquisas acadêmicas, assim como apontadas as sugestões dos autores para melhoria do referido processo.

Palavras-Chave Procel, PBE Edifica, RTQ, eficiência energética, etiquetagem.

1. INTRODUÇÃO

A produção de energia vem sendo questionada desde a década de 1970, com a crise do petróleo, e o setor elétrico tem promovido ações que visam o uso eficiente de energia elétrica, inclusive na construção civil. Com esta crise surgiram as primeiras normas visando a redução do consumo de energia elétrica, incentivadas principalmente pelos países desenvolvidos. A Norma americana ASHRAE 90.1 influenciou vários países, inclusive o Brasil (Konigami, 2011). A elaboração das primeiras Leis brasileiras relativas à eficiência energética em edificações foi impulsionada pelo racionamento de energia elétrica em 2001.

Além de Leis específicas, a Constituição Federal Brasileira de 1988 determina a responsabilidade da União na instituição de diretrizes gerais para o desenvolvimento da cidade, os seus artigos 182 e 183 dispõem sobre a Política de Desenvolvimento Urbano. Assim, alguns municípios, através de desconto percentual no valor do Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU), vêm incentivando a adoção de práticas sustentáveis pela população, como instalar sistemas de captação de água de chuva na edificação, construir cobertura vegetal e garantir no terreno áreas permeáveis maiores do que as exigidas pela legislação local. Somam-se a isso as Normas ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), consideradas referências idôneas e inclusive apresentam informações pertinentes em se tratando de eficiência energética de edificações.

O Anuário Estatístico de Energia Elétrica (MME, 2015) informa que os setores de comércio, serviços e residencial representaram juntos no Brasil, em 2014, cerca de 53% do total do consumo do País (475,4 TWh em 2014). Sendo o consumo do setor residencial o maior entre eles, com destaque também ao Programa Luz para Todos, do Governo Federal brasileiro. Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (2014) é nesses três setores em que há maior influência em se tratar eficiência energética nas edificações com considerações efetivas de planejamento da construção.

No Brasil, o Procel Edifica e o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro) atuam em parceria com Ministério das Cidades e o MME (Ministério de Minas e Energia), além de Universidades, entidades das áreas econômicas, da indústria da construção civil, etc, no sentido de desenvolver, difundir e aprimorar o processo de obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) para edificações comerciais, de serviços, públicas e residenciais. Ao mesmo tempo, segundo o Portal PBE Edifica (acesso em out. 2015), há incentivos financeiros do BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social) quanto à adesão ao PBE Edifica.

Neste contexto, destaca-se a importância de se pensar na aplicação de instrumentos norteadores de eficiência energética em edificações e nas atividades que procuram otimizar o uso de energia para fornecer a mesma quantidade de valor energético. Assim sendo, o objetivo deste artigo é apresentar revisão com análise de pesquisas recentes que aplicaram a regulamentação específica do Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações (PBE Edifica), considerando benefícios, limitações e dificuldades no uso deste método, assim como sugestões dos autores para melhoria do referido processo.

2. PROCEL EDIFICA

O Conselho Brasileiro de Construção Sustentável, CBCS (2014) explica que para o incentivo ao consumo com eficiência em edificações, existem duas iniciativas brasileiras: o Procel Edifica (programa com ações relacionadas às boas práticas e capacitação com foco em eficiência energética) e o PBE Edifica (faz parte do PBE, Programa Brasileiro de Etiquetagem, avaliando a eficiência energética de empreendimentos e fornecendo a ENCE.).

O processo de etiquetagem de edificações (Figura 1) tem o objetivo de avaliar níveis de consumo de energia e eficiência energética com base em indicadores técnicos e regulamentação específica (RTQ-C, RTQ-R e RAC). Deve fazer parte do processo um Organismo de Inspeção Acreditado (OIA), cuja competência é reconhecida pelo Inmetro e trabalha nas auditorias do processo de etiquetagem. De acordo com os manuais RTQ, a adesão ao programa é de caráter voluntário. Obrigatório somente para projetos e construções de edificações públicas federais, com área superior a 500m², novas ou que recebam reforma que altere sistemas de iluminação, condicionamento de ar ou envoltória.

O RTQ é o Regulamento Técnico da Qualidade para edificações; possui conceitos, definições e requisitos para a classificação da eficiência energética. Para edificações comerciais, de serviços e públicas deve ser consultado o RTQ-C e para edificações residenciais, o RTQ-R. Além desses, o RAC (Requisitos de avaliação da conformidade para eficiência energética de edificações) deve ser consultado; possui um conjunto de modelos de formulários, lista de documentos e diretrizes para a obtenção da ENCE do Inmetro. Estão disponíveis no Portal do PBE Edifica.

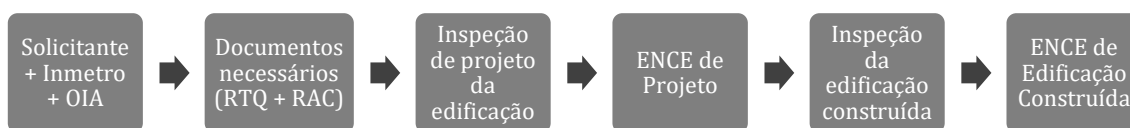


Figura 1. Esquema simplificado do processo evolutivo na etiquetagem de edificações. Fonte: Elaborada pelos autores.

Podem aderir Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos e Edificações Residenciais: Unidades habitacionais autônomas (UHs – casas ou apartamentos), edificações multifamiliares e áreas de uso comum de edificações multifamiliares ou de condomínios residenciais. Cada categoria possui sua etiqueta específica (Figura 2). A ENCE classifica as edificações em faixas coloridas, de “A” (mais eficiente) a “E” (menos eficiente), e fornece outras informações relevantes, como, por exemplo, se a edificação possui racionalização de água e energia eólica.

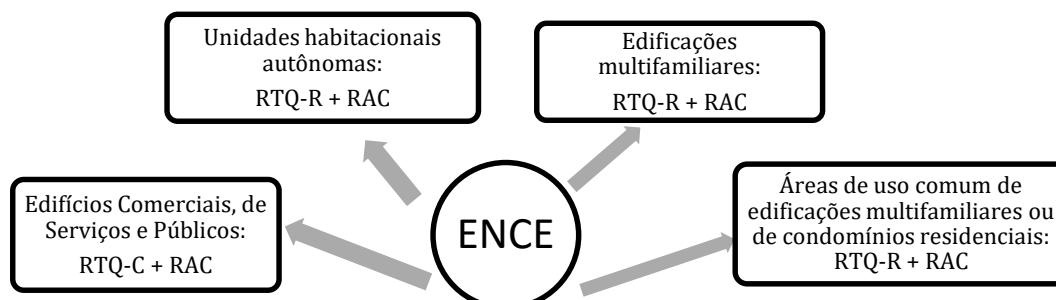


Figura 2. As quatro categorias que recebem ENCE específicas. Fonte: Elaborada pelos autores.

De acordo com Albuquerque *et al.* (2013) o método de avaliação pode ser prescritivo ou por simulação computacional. Este último consiste em comparar o desempenho termo-energético da edificação real com edificações de referência (A, B, C e D). Para tanto é necessário realizar a simulação dos modelos por meio de programas (tabela 3). No método prescritivo equações ponderam estes sistemas por meio de pesos estabelecidos nos requisitos e permite somar à pontuação final bonificações que podem ser adquiridas com inovações tecnológicas, uso de energias renováveis, cogeração ou/e com a racionalização no consumo de água. Este último método é mais utilizado pelos pesquisadores e OIAs.

A classificação entre “A” e “E” é feita de acordo com pontuações obtidas pelo processo de etiquetagem (Tabela 1). Soma-se a isso, para cada tipologia, o atendimento a pré-requisitos e bonificações específicos. O LabEEE (Laboratório de Eficiência Energética em Edificações) desenvolveu planilhas para auxílio nos cálculos do processo de etiquetagem, e estão disponíveis gratuitamente nos Portais do LabEEE e do PBE Edifica. Além da etiqueta, a edificação pode receber o selo Procel Edifica, que tem o objetivo de identificar edificações com melhores classificações no consumo eficiente de energia, visando também motivar o mercado consumidor a utilizar imóveis eficientes. É um prêmio da Eletrobrás às categorias com elevada eficiência energética.

Tabela 1. Classificação do nível de Eficiência de acordo com a pontuação obtida no Processo de etiquetagem

Pontuação (PT)	Nível de Eficiência	Cor correspondente na ENCE
$PT \geq 4,5$	A	Verde
$3,5 \leq PT < 4,5$	B	Verde Claro
$2,5 \leq PT < 3,5$	C	Amarelo
$1,5 \leq PT < 2,5$	D	Laranja
$PT < 1,5$	E	Vermelho

Fonte: Elaborada pelos autores com dados do RTQ-R (Inmetro, 2012) e do RAC (Inmetro, 2013).

3. METODOLOGIA

A busca por pesquisas acadêmicas foi feita no portal CAPES, ScienceDirect, Google Acadêmico e Ambientes virtuais da UFES e de Universidades integrantes da Rede de Eficiência Energética em Edificações (R3E), entre 20 de março a 12 de abril de 2016. Foram utilizadas as palavras, Procel Edifica, PBE Edifica, ASHRAE and Brazil, buildings energy and labelling, RTQ, eficiência energética, e etiquetagem de edificações; sendo estas três últimas palavras as que trouxeram maior número de resultados pertinentes a este trabalho. O recorte foi determinado pelo objetivo deste artigo, que visa analisar pesquisas acadêmicas que aplicaram o RTQ em edificações, e nos últimos 10 anos.

4. PESQUISAS E APLICAÇÕES NO BRASIL DO PBE EDIFICA

O aumento da população, desenvolvimento da tecnologia, impactos ambientais e crises energéticas têm impulsionado pesquisas e medidas preventivas no campo da eficiência energética. É apresentada uma revisão de pesquisas que aplicaram no Brasil a regulamentação específica do PBE Edifica em edifícios residenciais, comerciais, públicos e de serviços. Estavam disponíveis ao todo 92 trabalhos cujo tema central atendem ao objetivo deste artigo, sendo 70 no Google Acadêmico e apenas 6 no ambiente da CAPES, os outros 16 foram nos sites das Universidades.

Sobre o tipo de publicação, 12 são em revista, 18 monografias, 25 dissertações, 2 teses de doutorado e 35 em eventos, em sua maioria no (Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído) ENTAC. Edificações comerciais, públicas ou de serviços foram analisadas em 58 pesquisas, 32 analisaram edificações residenciais e 2 analisaram hotéis. As instituições federais com maior número de pesquisas foram UFMG, UFSC, UnB e UFRN. Observou-se que as pesquisas são publicadas principalmente a partir de 2009, ano em que as edificações são incluídas no PBE (Teodoro, 2012). A Tabela 2 mostra 23 dos artigos mais recentes, em ordem decrescente do ano de sua publicação, sendo que antes de 2012 são apresentados os artigos publicados em revistas apenas.

Tabela 2. Trabalhos pesquisados em ordem decrescente do ano de publicação. (Continua)

Nº	Autor(es)	Ano	Título	Instituição e local	Publicação
01	VELOSO, A.C.O. SOUZA, R.V.G. KOURY, N.N.	2015	Evaluation of electric power consumption of non-residential buildings in the city of Belo Horizonte - correlation with design decisions in a study case of a hybrid building.	UFMG LABCON (MG)	Energy Procedia
02	OLIVEIRA, M.C.A. VALADARES, N.A. AMORIM, L.K.B.	2014	Aplicação do conceito do selo Procel Edifica em edificações do campus de Palmas/UFT.	UFT (TO)	DESAFIOS: Revista Interdiscip. da UFT
03	MONTEIRO, R.V.A. CARVALHO, B.C. NOGUEIRA, F.	2014	Análise do Desempenho Térmico em Habitações Populares Através da Simulação das Características dos Materiais Constituintes de sua Envoltória.	UFMT (MT)	E&S (FAET and ICET UFMT)
04	CANEPPELE, L.B. NOGUEIRA, M.C.J.A.	2014	Avaliação de Desempenho Térmico e Eficiência Energética de Habitação em Condomínio Residencial de Cuiabá/MT.	UFMT (MT)	Revista Monografias Ambientais - REMOA
05	SILVA, A.S. GHISI, E.	2014	Análise comparativa dos resultados do desempenho térmico da envoltória de uma edificação residencial pelos métodos de simulação do RTQ-R e da NBR 15575-1.	UFSC (SC)	Revista Ambiente Construído
06	SOUSA, J. S. SILVA, M. B. SANTOS, F. J. BARBOSA, F. R.	2014	Metodologias de diagnóstico energético para conservação e uso eficiente de energia na Universidade Federal do Piauí.	UFPI (PI) UECE (CE)	COBENGE 2014
07	MATOS, J.M. PEDRINI, A. TINÔCO, M.B.M RUCK, A.	2014	Análise tipológica de edifícios residenciais verticais a luz do RTQ-R.	UFRN (RN)	XV ENTAC
08	CRUZ, J. INVIDIATA, A. FOSSATI, M. NOVAES, A. TEXEIRA, C. LAMBERTS, R.	2014	Classificação energética dos meios de hospedagem pelos regulamentos técnicos da qualidade – RTQS.	LABEEE/ UFSC (SC)	XV ENTAC
09	RIBEIRO, N. F. CARLO, J. C.	2014	Aplicação de Estratégias Bioclimáticas em uma Biblioteca Parque em Florianópolis – SC	UFV (MG)	XV ENTAC
10	ANDRADE, V.S. ARAÚJO, R.S. SANTOS, J.E.C.	2014	Simulação de etiquetagem de eficiência energética para um prédio Público - estudos de caso em Governador Valadares.	IFMG (MG)	V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Belo Horizonte
11	NAKAMURA, N. K. MACIEL, L. F. CARLO, J. C.	2013	Impactos de medidas de conservação de energia propostas no PBE Edifica para o nível de eficiência energética de envoltórias de um edifício naturalmente condicionado.	UFV (MG)	Revista Ambiente Construído

Tabela 2. Trabalhos pesquisados em ordem decrescente do ano de publicação. (Conclusão)

Nº	Autor(es)	Ano	Título	Instituição e local	Publicação
12	SILVA, A.S. GHISI, E.	2013	Análise de sensibilidade global dos parâmetros termofísicos de uma edificação residencial de acordo com o método de simulação do RTQ-R.	UFSC (SC)	Revista Ambiente Construído
13	VELOSO, A.C.O. SOUZA, R.V.G. KOURY, N.N.	2013	Comparação entre os métodos prescritivo e de Simulação do RTQ_C a partir de dados reais de consumo e ocupação.	UFMG (MG)	XII ENCAC VIII ELACAC
14	LEITE, L. S. FERNADES, J. T.	2013	O desempenho da iluminação natural e artificial de Ministério em Brasília: diretrizes e recomendações para o conforto visual do usuário e otimização energética.	FAU/UnB (DF)	XII ENCAC VIII ELACAC
15	CARVALHO, C.R. SCALCO, V.A. MAIA, T.D. LAMBERTS, R.	2013	Análise da viabilidade de aplicação do método prescritivo do RTQ-C para avaliar o nível de eficiência energética da envoltória em edificações comerciais com área total inferior a 500 m ² .	LABESEE/UFSC (SC)	XII ENCAC VIII ELACAC
16	ALMEIDA, L.S.S. SILVA, A.S. GHISI, E.	2013	Comparação da eficiência energética da envoltória de Habitações de interesse social pelos métodos prescritivo e simulação do RTQ-R.	LABESEE/UFSC (SC)	XII ENCAC VIII ELACAC
17	ALMEIDA, L.S.S. SILVA, A.S. SCHNEIDER, K. GHISI, E.	2013	Avaliação da envoltória de habitações de interesse Social de Florianópolis de acordo com o método prescritivo do RTQ-R.	LABESEE/UFSC (SC)	XII ENCAC VIII ELACAC
18	DONADELLO, A.L.F. <i>at al.</i>	2013	Sustentabilidade na Eficientização da Estação Científica da Ilha da Trindade.	UFES (ES)	EURO ELECS 2013
19	KUGER, E. L. MORI, F.	2012	Análise da eficiência energética da envoltória de um projeto padrão de uma agência bancária em diferentes zonas bioclimáticas brasileiras.	UTFPR, CEF (PR)	Revista Ambiente Construído
20	BATISTA, N.N. LA ROVERE, E.L. AGUIAR, J.C.R.	2011	Energy efficiency labeling of buildings: An assessment of the Brazilian case.	LIMA/COPPE/UFRJ e Eletrobras Cepel (RJ)	Energy and Buildings
21	CARLO, J.C. LAMBERTS, R.	2010	Parâmetros e métodos adotados no regulamento de etiquetagem da eficiência energética de edifícios – parte 1: método prescritivo.	UFV (MG) e LABESEE/UFSC (SC)	Revista Ambiente Construído
22	FOSSATI, M. LAMBERTS, R.	2010	Eficiência energética da envoltória de edifícios de escritórios de Florianópolis: discussões sobre a aplicação do método prescritivo do RTQ-C	LABESEE/UFSC (SC)	Revista Ambiente Construído
23	FONSECA, I.C.L. ALMEIDA, C.C.R. LOMARDO, L.L.B. MELLO, E.N.	2010	Avaliações de conforto ambiental e eficiência energética do projeto do prédio do Centro de Informações do Cresesb, no Rio de Janeiro.	UFF/ Eletrobras (RJ)	Revista Ambiente Construído

A Tabela 3 apresenta o tipo de edificação e método estudados pelos pesquisadores apresentados na Tabela 2. O método prescritivo foi aplicado em 73 pesquisas, sendo simultâneo com a simulação em 30. O programa mais utilizado foi o Energy Plus: 30 trabalhos. Para Rodrigues (2015), ambos métodos conduziram às mesmas conclusões, no entanto a simulação computacional permite a inserção de muitos dados e apresenta relação dinâmica entre as características do edifício e o clima. Quando há integração entre programas, há maior precisão dos resultados (Fernandes, 2012, Bottamedi, 2011). O uso dos softwares, contudo, exige tempo tanto para a geração dos resultados, quanto para o aprendizado dos comandos pelos profissionais envolvidos. (Oliveira, 2013, Moreno, 2013, Fernandes, 2012, Bernabé, 2012).

Tabela 3. Tipo de edificação estudada e método utilizado pelos pesquisadores.

Nº	Tipo de Edificação	Método
01	Edifício com 11 pavimentos, 66 escritórios, BH, MG	EnergyPlus
02	Bloco 3P e Anfiteatro da UFT	Prescritivo + EnergyPlus + S3E
03	Uma habitação popular vertical e uma horizontal	SketchUp + EnergyPlus
04	1 Habitação em Cuiabá, MT, 57m ²	OpenStudio + EnergyPlus + SketchUp Pro
05	Habitação residencial unifamiliar de interesse social	EnergyPlus
06	Sala de aula do Bloco de Engenharia Civil do Centro de Tecnologia da UFPI	Prescritivo
07	Edifícios residenciais verticais, Natal, RN	Prescritivo
08	Sete categorias de hotéis	Prescritivo
09	Projeto da Biblioteca Parque de Santa Catarina	Prescritivo + Domus Eletrobras
10	Um prédio público, >500m ² , Governador Valadares, MG	Prescritivo
11	Edifício dos Laboratórios de Engenharia da UFV	Prescritivo + EnergyPlus
12	Habitação residencial unifamiliar, Florianópolis, SC	Prescritivo + EnergyPlus + Slab
13	Call center, 2 pavimentos, 5.976m ² , Belo Horizonte, MG	Prescritivo + EnergyPlus
14	Dois pavimentos situados no Bloco F da Esplanada dos Ministérios que abriga o MPS/MTE	Prescritivo + Ecotech
15	Edificações comerciais com área total inferior a 500 m ²	Prescritivo
16	Cinco tipologias de habitações de interesse social, Florianópolis, SC	Prescritivo + EnergyPlus + Slab + AirFlowNetwork
17	22 habitações de interesse social, Florianópolis, SC	Prescritivo
18	Estação Científica da Ilha da Trindade	Design Builder + EnergyPlus
19	Projeto padrão de uma agência bancária em diferentes zonas bioclimáticas brasileiras	Prescritivo + EnergyPlus
20	2 Edifícios de uma Escola	Prescritivo
21	Um edifício de múltiplos escritórios	Prescritivo
22	10 Edifícios de escritórios	Prescritivo
23	Projeto do prédio do Centro de Informações do Centro de Referência para Energias Solar e Eólica (CRESESB)	Prescritivo

Nota: AirFlowNetwork - cálculo do fluxo de ar entre o exterior e zonas. Daysim - análise de iluminação natural. Design Builder - análise de desempenho energético. Domus Eletrobras - modelagem de transferência combinada de calor e umidade em edificações com vários ambientes. Ecotect - Autodesk® Ecotect® Analysis é uma ferramenta para o BIM (Building Information Modeling), auxiliando na análise de sustentabilidade. EnergyPlus - simulação de carga térmica e análise energética de edificações. OpenStudio® - multiplataforma com coleção de ferramentas que auxiliam a modelagem no EnergyPlus. Relux - cálculos de iluminação com o AutoCAD®. S3E - o Simulador de Eficiência Energética de Edificações é um serviço WEB gratuito que está sendo desenvolvido pelo LabEEE. Slab - influência do solo na temperatura da edificação. SketchUp - modelagem de edificações.

O método Prescritivo apresenta-se como um conjunto de regras aplicáveis a maioria das tipologias brasileiras, e visa identificar a eficiência energética do edifício. Sua aplicação estimula o emprego de técnicas e estratégias em projetos para soluções arquitetônicas mais adequadas ao ambiente climático no qual a edificação será implantada (Carlo & Lamberts, 2010, Fossati & Lamberts, 2010). Demanda análise sobre as conclusões geradas, exigindo habilidade dos profissionais envolvidos, além de alto nível de alimentação de informações (Rodrigues, 2015, Oliveira, 2013). Moreno (2013) alega que ambos métodos são efetivados a partir de aplicação de um vasto e complexo conjunto de variáveis e parâmetros.

Uma limitação apresentada por Giaretta *at al.* (2012) é a aplicação do RTQ a edificações com formas mais complexas e ainda que seu manual não é claro suficiente. Outra dificuldade apresentada pela maioria dos pesquisadores é encontrar dados de referência para a transmitância e absorvância dos materiais de construção e dados climáticos recentes. Tavares (2011) alerta que o Design Builder apresenta erros de execução com modelos mais complexos, e depende de um arquivo climático confiável, além de não fornecer dados separados por zonas. No entanto, Nicoletti (2009) defende que tal programa oferece vasta possibilidade de análise térmica e energética, representada por gráficos ou planilhas. Rodrigues (2015) ainda sugere que seja inserida nas pesquisas a análise por simulação da eficiência energética pelo processo de modelagem da informação da construção (BIM).

Várias são as sugestões nos trabalhos para contribuir com o aprimoramento da aplicação do RTQ, como: Desenvolvimento de banco de dados de referência para valores de transmitância e absorvância de materiais (Oliveira, 2013, Caldeira, 2011); Criação de arquivos climáticos (Moreno, 2013, Bernabé, 2012, Tavares, 2011); Promoção do Procel Edifica (Tavares, 2011, Fossati & Lamberts, 2010, Carvalho, 2010); Revisão sobre proteções solares, sombreamento (Fernandes, 2012), iluminação zenital (Giaretta et al., 2012), e edificações hoteleiras (Bottamedi, 2011); Disponibilização dos cálculos dos edifícios certificados, inclusive com geometria mais complexa (Giaretta et al., 2012, Tavares, 2011).

5. CONCLUSÕES

A aplicação do RTQ tem potencial para promover a qualidade dos projetos arquitetônicos e permitir ao consumidor a comparação de imóveis disponíveis, contribuindo para a proposição de soluções efetivas em prol da eficiência energética de edificações. A ENCE, do PBE Edifica, surge como um complemento às certificações sustentáveis, e não como um concorrente, sendo o primeiro processo de avaliação de eficiência energética concebido especificamente para a realidade brasileira e alinhado às tendências mundiais.

Os pesquisadores apresentaram dificuldade em obter informações importantes para alimentação do processo de etiquetagem, principalmente sobre dados climáticos e propriedades térmicas de materiais de construção. Uma limitação abordada com frequência é a complexidade tanto dos cálculos apresentados no método prescritivo, quanto no manuseio dos programas para o método de simulação.

Desta forma, destaca-se a importância da academia estar em harmonia com a prática profissional, inclusive promovendo envolvimento entre os atores da construção civil. Os centros de pesquisa do país estão desenvolvendo e aprimorando ferramentas que contribuam no processo de aplicação e monitoramento da edificação pelo RTQ, e podem contribuir com ensaios para a produção de dados de propriedades térmicas dos materiais. Assim, havendo empenho dos participantes do PBE Edifica para que o programa tenha atualização e revisões constantes, o RTQ tende a se propagar no mercado, promovendo eficiência energética, abrindo um novo mercado de trabalho e campo de pesquisas.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPES – Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do ES.

REFERÊNCIAS

- Albuquerque, R.T., Lacerda, M.A. & Krause, C.B. 2013. Avaliação dos níveis de eficiência energética da escola estadual Erich Walter Heine sob a ótica dos métodos LEED, AQUA e Procel Edifica. *Encontro Latino Americano de Edificações e Comunidades Sustentáveis-V ELECS*, Curitiba, 21-24 Out.2013:1-10.
- Almeida, L.S.S., Silva, A.S. & Ghisi, E. 2013. Comparação da eficiência energética da envoltória de Habitações de interesse social pelos métodos prescritivo e simulação do RTQ-R. *Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído – XII ENCAC & Encontro Latinoamericano de Conforto no Ambiente Construído – VIII ELACAC*, Brasília, 25-27 Set. 2013: 1-10.
- Almeida, L.S.S., Silva, A.S., Schneider, K. & Ghisi, E. 2013. Avaliação da envoltória de habitações de interesse Social de Florianópolis de acordo com o método prescritivo do RTQ-R. *Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído – XII ENCAC & Encontro Latinoamericano de Conforto no Ambiente Construído – VIII ELACAC*, Brasília, 25-27 Set. 2013: 1-10.

- Andrade, V.S., Araújo, R.S. & Santos, J.E.C. 2014. Simulação de etiquetagem de eficiência energética para um prédio Público - estudos de caso em Governador Valadares. *V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Belo Horizonte*, Belo Horizonte, 24-27 Nov. 2014: 1-7.
- Batista, N.N., La Rovere, E.L. & Aguiar, J.C.R. 2011. Energy efficiency labeling of buildings: An assessment of the Brazilian case. *Energy and buildings* (0378-7788) vol:43 (iss:6): 1179-1188.
- Bernabé, A.C.A. 2012. A Influência da Envolvória no Consumo Energético em Edifícios Comerciais artificialmente Climatizados na Cidades de Vitória-ES. 132f. Dissertação (Mestrado). UFES. Vitória-ES.
- Bottamedi, M.G. 2011. Avaliação da eficiência energética de hotéis de Quatro estrelas em Florianópolis: aplicação do Programa de etiquetagem de edificações. 179 f. Dissertação (Mestrado). UFSC. Florianópolis - SC.
- Caldeira, N.N.B. 2011. A Concepção Arquitetônica para a Eficiência Energética de Edificações – O Caso da Etiquetagem no Brasil. 234 f. Tese (Doutorado). COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro - RJ.
- Caneppele, L.B. & Nogueira, M.C.J.A. 2014. Avaliação de Desempenho Térmico e Eficiência Energética de Habitação em Condomínio Residencial de Cuiabá/MT. *Revista Monografias Ambientais – REMOA*, V. 14 (n.3): 3412-3428.
- Carlo, J.C. & Lamberts, R. 2010. Parâmetros e métodos adotados no regulamento de etiquetagem da eficiência energética de edifícios – parte 1: método prescritivo. *Ambiente Construído*, Vol:10(n.2): 7-26.
- Carvalho, C.R., Fonseca, R.W., Galafassi, M. & Cartana, R.P. 2010. Avaliação de eficiência energética de um edifício Educacional no município de Palhoça utilizando o Regulamento Técnico da Qualidade para edifícios Comerciais, de serviço e públicos. *XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – ENTAC 2010*, Canela, 6-8 Out. 2010: 1-10.
- Carvalho, C.R., Scalco, V.A., Maia, T.D. & Lamberts, R. 2013. Análise da viabilidade de aplicação do método prescritivo do RTQ-C para avaliar o nível de eficiência energética da envoltória em edificações comerciais com área total inferior a 500 m². *Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído – XII ENCAC & Encontro Latinoamericano de Conforto no Ambiente Construído – VIII ELACAC*, Brasília, 25-27 Set. 2013: 1-10.
- CBCS. 2014. Etiquetagem para a eficiência Energética em edificações públicas Federais já é obrigatória no Brasil. *Boletim Interativo do Conselho Brasileiro de Construção Sustentável*. N^o 11: 12-14.
- Cruz, J., Invidiata, A., Fossati, M., Novaes, A., Texeira, C. & Lamberts, R. 2014. Classificação energética dos meios de hospedagem pelos regulamentos técnicos da qualidade – RTQS. *XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - ENTAC*, Maceió, 12-14 Nov. 2014: 263-272.
- Donadello, A.L.F., Dalvi, M.B., Ferres, S.C., Nico-Rodrigues, E.A. & Alvarez, C.A. 2013. Sustentabilidade na Eficientização da Estação Científica da Ilha da Trindade. *Encontro Latino Americano de Edificações e Comunidades Sustentáveis – V ELECS*, Curitiba, 21-24 Out. 2013: 1-9.
- Fernandes, L.O. 2012. A influência do sombreamento do entorno na etiqueta de eficiência energética de edifício comercial. 164 f. Dissertação (Mestrado). UNICAMP. Campinas-SP.
- Fonseca, I.C.L., Almeida, C.C.R., Lomardo, L.L.B. & Mello, E.N. 2010. Avaliações de conforto ambiental e eficiência energética do projeto do prédio do Centro de Informações do Cresesb, no Rio de Janeiro. *Ambiente Construído*, V: 10 (n. 2): 41-58.
- Fossati, M. & Lamberts, R. 2010. Eficiência energética da envoltória de edifícios de escritórios de Florianópolis: discussões sobre a aplicação do método prescritivo do RTQ-C. *Ambiente Construído*, V: 10 (n. 2): 59-69.
- Giarretta, R.F., Teixeira, C.A. & Westphal, F.S. 2012. Processo de Etiquetagem Procel: Dificuldades Encontradas na Aplicação do Método Prescritivo na Fase de Projeto. *XIV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - ENTAC*, Juiz de Fora, 29-31 Out. 2012: 0198-0204.
- Inmetro. 2012. Regulamento Técnico da Qualidade – RTQ para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais. 138 f. Portaria n^o 18 de 16 janeiro 2012 e anexos.
- Inmetro. 2013. Requisitos de Avaliação da Conformidade para a Eficiência Energética de Edificações – RAC. 104 f. Portaria n^o 50 de 01 fevereiro 2013 e anexos.
- Konigami, T.R.M.T. 2011. Eficiência Energética em Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas. 185 f. Dissertação (Mestrado). UFBA. Salvador - BA.
- Kuger, E.L. & Mori, F. 2012. Análise da eficiência energética da envoltória de um projeto padrão de uma agência bancária em diferentes zonas bioclimáticas brasileiras. *Ambiente Construído*, V: 12 (n. 3): 89-106.
- Lamberts, R., Dutra, L. & Pereira, F.O.R. (3 ed.) 2014. *Eficiência Energética na Arquitetura*. Rio de Janeiro: ELETROBRAS/PROCEL.
- Leite, L. S. & Fernandes, J. T. 2013. O desempenho da iluminação natural e artificial de Ministério em Brasília: diretrizes e recomendações para o conforto visual do usuário e otimização energética.

- Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído – XII ENCAC & Encontro Latinoamericano de Conforto no Ambiente Construído – VIII ELACAC*, Brasília, 25-27 Set. 2013: 1-10.
- Matos, J.M., Pedrini, A., Tinôco, M.B.M. & Ruck, A. 2014. Análise tipológica de edifícios residenciais verticais a luz do RTQ-R. *XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído-ENTAC*, Maceió, 12-14 Nov. 2014: 648-656.
- MME. 2015. Anuário Estatístico de Energia Elétrica: ano base 2014. Rio de Janeiro: EPE.
- Monteiro, R.V.A., Carvalho, B.C. & Nogueira, F. 2014. Análise do Desempenho Térmico em Habitações Populares Através da Simulação das Características dos Materiais Constituintes de sua Envoltória. *E&S – Engineering and Science*, V. 2 (Ed. 1): 1-13.
- Moreno, A.C.R. 2013. Minha Casa Minha Vida: análise de desempenho térmico pela NBR 15.220-3, NBR 15.575, Selo Casa Azul e RTQ-R. 204 f. Dissertação (Mestrado). UFMG. Belo Horizonte - MG.
- Nakamura, N. K., Maciel, L. F. & Carlo, J. C. 2013. Impactos de medidas de conservação de energia propostas no PBE Edifica para o nível de eficiência energética de envoltórias de um edifício naturalmente condicionado. *Ambiente Construído*, V: 13 (n. 4): 105-119.
- Nicoletti, A.M.A. 2009. Eficiência energética em um Ministério da Esplanada em Brasília: propostas para retrofit de envoltória. 234 f. Dissertação (Mestrado). UnB. Brasília - DF.
- Oliveira, B.G.F. 2013. Análise do Desempenho Energético de edificações: Aplicação Analítica do RTQ-C no Edifício Ceamazon. 166 f. Dissertação (Mestrado). UFP. Belém - PA.
- Oliveira, M.C.A., Valadares, N.A. & Amorim, L.K.B. 2014. Aplicação do conceito do selo Procel Edifica em edificações do campus de Palmas/UFT. *DESAFIOS: Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins*, V. 1 (n. 1): 115-129.
- Portal PBE Edifica. Incentivos. Disponível em < <http://www.pbeedifica.com.br/incentivos>>. Acesso em outubro 2015.
- Ribeiro, N. F. & Carlo, J. C. 2014. Aplicação de Estratégias Bioclimáticas em uma Biblioteca Parque em Florianópolis – SC. *XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - ENTAC*, Maceió, 12-14 Nov. 2014: 984-993.
- Rodrigues, M.V.P. 2015. Avaliação da Eficiência Energética de Edificações Residenciais em Fase de Projeto: Análise de Desempenho Térmico pelo Método Prescritivo e por Simulação Computacional Aplicados a Estudo de Caso de Projeto-Tipo do Exército Brasileiro. 133 f. Dissertação (Mestrado). UNICAMP. Campinas - SP.
- Silva, A.S & Ghisi, E. 2013. Análise de sensibilidade global dos parâmetros termofísicos de uma edificação residencial de acordo com o método de simulação do RTQ-R. *Ambiente Construído*, V. 13 (n. 4): 135-148.
- Silva, A.S & Ghisi, E. 2014. Análise comparativa dos resultados do desempenho térmico da envoltória de uma edificação residencial pelos métodos de simulação do RTQ-R e da NBR 15575-1. *Ambiente Construído*, V. 14 (n. 1): 213-230.
- Sousa, J. S., Silva, M. B., Santos, F. J. & Barbosa, F. R. 2014. Metodologias de diagnóstico energético para conservação e uso eficiente de energia na Universidade Federal do Piauí. *COBENGE 2014*, Juiz de Fora, 16-19 Set. 2014: 1-12.
- Tavares, L.R. 2011. Eficiência energética em edificações: aplicação do RTQ-C – requisitos técnicos da qualidade para o nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos - na cidade de Uberlândia-MG. 191 f. Dissertação (Mestrado). UnB. Brasília – DF.
- Teodoro, M.I.M. 2012. O Código de Obras como Instrumento Regulatório de Eficiência Energética em Edificações Residenciais: Proposições para o município de São Paulo. 249 f. Dissertação (Mestrado). USP. São Paulo – SP.
- Veloso, A.C.O., Souza, R.V.G. & Koury, N.N. 2013. Comparação entre os métodos prescritivo e de Simulação do RTQ_C a partir de dados reais de consumo e ocupação. *Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído – XII ENCAC & Encontro Latinoamericano de Conforto no Ambiente Construído – VIII ELACAC*, Brasília, 25-27 Set. 2013: 1393-1402.
- Veloso, A.C.O., Souza, R.V.G. & Koury, N.N. 2015. Evaluation of Electric Power Consumption of Non-Residential Buildings in the City of Belo Horizonte - Correlation with Design Decisions in A Study Case of A Hybrid Building. *Energy Procedia*, 78: 747-752.



Brazilian building evaluation through reverse analysis based on environmental rating systems: a case study

Mônica Santos Salgado

Federal University of Rio de Janeiro, Architecture Post-Graduate Course, Rio de Janeiro (RJ), Brazil
monicassalgado@ufrj.br

Carolina Mendonça da Silva

Federal University of Rio de Janeiro Faculty of Architecture and Urbanism, Rio de Janeiro (RJ), Brazil
carolina.donca@gmail.com

Marco Aurélio Bittencourt Cunha

Federal University of Rio de Janeiro Faculty of Architecture and Urbanism, Rio de Janeiro (RJ), Brazil
marco.aureliobc@hotmail.com

ABSTRACT: Brazilian's architecture offices are initiating their search for methods that could give some orientation about the design process for sustainable buildings. The North American method LEED™ and the French initiative HQE® have made their way to Brazil. The French methodology has been adapted, resulting in the AQUA Brazilian certification. However, history has revealed many professionals who expressed their concern about the environment through interesting architecture solutions, years before the launch of the first environmental rating system. In this sense, the Environmental Protection Center of the Hydroelectric Plant Balbina should be stressed. Authored by Severiano Mario Porto architect, the Center integrates nature, environmental comfort and beauty. Recognizing the importance of this award-winning project and also considering the interest in discussing about the efficiency of environmental rating system methods for the production of green buildings, the aim of this research was to test the rating systems adopted in Brazil through the evaluation of characteristics presented on this building. Results indicate that even in a state of neglect and already degraded parts, the building presents the potential to meet satisfactorily most part of environmental performance requirements proposed by the rating systems studied. The lesson left by the architect highlights the importance of using the techniques of design and implementation, which, harmonized through the project, will lead naturally to solutions with high environmental performance. So, it is necessary to rethink the exaggerated importance that has been given to environmental rating systems.

Keywords *sustainability, environmental rating systems, BIM, green buildings.*

1. INTRODUCTION

Environmental rating systems lead the discussion around the environmental quality of buildings and sustainability. Cole (2005) affirmed that the need to develop decision methods that actively involve the stakeholder interests will become increasingly important to infuse the considerations of sustainability as an integral part to conduct architects day-by-day activities. Nevertheless, it is important to discuss the whole of sustainable rating systems as proper tools to validate the environmental quality of buildings.

Currently, Brazilian's architecture offices are initiating their search for methods that could give some orientation about the design process for sustainable construction. LEED™ and HQE® rating systems have made their way to Brazil, where the French methodology has been adapted, resulting in AQUA Brazilian certification. It is assumed that Brazilian architecture offices must organize their management system in order to accomplish the sustainable requirements along the design management process. (SALGADO, 2011)

However, history has revealed many professionals who expressed their concern about the environment through interesting architecture solutions, years before the launch of the first environmental rating system. The legacy of Severiano Mario Porto, an important Brazilian's architect which stands for solutions that seek to integrate the building with the environment, should be highlighted.

Among the projects authored by him, the Environmental Protection Center of the Hydroelectric Plant Balbina should be stressed. Built by initiative of ELETRONORTE, as one of the compensatory measures for the environmental impacts caused by the construction of hydroelectric power, the Center has been design to integrate nature, environmental comfort and beauty simultaneously. Unfortunately, despite the relevance of this project, the Center is currently abandoned and deteriorating rapidly.

Hopefully, on 2016 Balbina's has been incorporated to the list of projects protected by the Amazon Government. The Law 312 (18th February, 2016) legislate for the preservation of the architect's works built in the Amazon State, given its architectural, historical and cultural interest. (DIÁRIO, 2016)

Recognizing the significance of Environmental Protection Center of the Hydroelectric Plant Balbina, and also considering the interest to discuss the exaggerated importance that has been given to environmental rating system, this research discusses the validity of those certifications, confronting the characteristics of the Center with the requisites defined by the two certifications currently adopted in Brazil.

2. ENVIRONMENTAL RATING SYSTEMS FOR BUILDINGS IN BRAZIL

The discussion about sustainable building has been intensified since the launch of Agenda 21 for sustainable construction (CIB, 1999) and Agenda 21 for sustainable construction in developing countries (CIB, 2002). Those documents described a row of tasks to be held in order to guarantee adequate environmental decisions in civil construction industry – particularly in buildings construction.

It is generally accepted the current era of rating tools commenced in 1990 with the introduction of the BREEAM (UK) rating tool. This method was followed by the French system HQE® and by the U.S. LEED™ in 2000. Further analysis confirms that the evolution of rating systems into different countries is largely based on those initial rating systems (REED et al, 2009)

Although the great number of environmental rating systems proposed, two methodologies were the first to be considered by Brazilians' architects:

- North American *LEED™ (The Leadership in Energy and Environmental Design Green Building Rating System)*;
- French method HQE® (*Haute Qualité Environnementale – High Environmental Quality*) adapted in Brazil as AQUA-HQE method.

LEED and AQUA-HQE certifications were adopted by Brazilian entrepreneurs, according to the type of enterprise and the intended scope for the environment certification.

2.1 LEED™ Certification

LEED™ certification erased from the proposal elaborated by *The Leadership in Energy and Environmental Design*. The initiative began in 1993, and has been spearheaded by Natural Resources Defense Council (NRDC) which led a broad-based consensus process, including non-profit organizations, government agencies, architects, engineers, developers, builders, product manufacturers and other industry leaders.

LEED was created to accomplish the following: define "green building" by establishing a common standard of measurements; promote integrated, whole-building design practices; recognize environmental leadership in the building industry; stimulate green competition; raise consumer awareness of green building benefits; and transform the building market. . (ENVIRONMENTAL..., 2015)

Currently, LEED consists of a suite rating systems for the design, construction and operation of buildings. LEED for Building Design and Construction is divided into six different scopes: LEED-NC New Constructions and Major Renovations; LEED ND - Neighborhood Development (ND); LEED CS Core and Shell; LEED for Retail; LEED HC Healthcare; LEED EB-OM Existing Buildings – Operations and Maintenance; LEED Schools and LEED CI Commercial Interiors.

To earn LEED™ certification, the applicant project must satisfy all the prerequisites and qualify for a minimum number of points to attain the established project ratings as listed. Having satisfied the basic prerequisites of the program, applicant projects are then rated according to their degree of compliance within the rating system. All prerequisites must be achieved in order to qualify for certification. Points add up to a final score that relates to one of four possible levels of certification. (SALGADO and LEMOS, 2005)

The method analyses the performance of buildings considering eight dimensions: Sustainable sites; Water efficiency; Energy & atmosphere; Materials & resources; Indoor environmental quality; Innovation in design or innovation in operations; and Regional priority credits. For each dimension there is a group of requisites (quantitative) that must be considering during the process.

The weight of each requisite depends on the scope of certification. For this reason, it is not possible to compare, for example, the environmental performance of a building certified LEED-NC level Platinum with a building that has been certified as LEED CS level Platinum. That why it is imperative to identify the scope of the certification to understand the scope of the assessment.

2.2 AQUA-HQE Process – High Quality Environmental

The HQE® – *Haute Qualité Environmental* (High Environmental Quality) association – was created in 1996 in order to develop environmental quality management in the building construction industry. This association produced a report containing recommendations in the form of environmental targets to be pursued by architects and engineers. Among the targets, it is important to highlight: Eco-Construction; Eco-Management: Including energy management, water and waste management and building maintenance; Comfort (thermal, acoustic, visual); and Health (air and water quality, among others). This report led to the methodology for support of the high environmental quality design, where each target should be divided into several requirements and recommendations which should be reviewed for each building, since it is not possible to establish a single formula for all types of construction. (Association HQE, 2015)

Architecture design process that considers the principles of High Environmental Quality (HQE®) method may be divided into two phases: the first phase can be entitled "*setting parameters*" and the second "*the design conception*." The first phase can be divided into (CASTELLS, 2010):

- The study of the environmental potential of the location - specifically related to the parameters set by the HQE® method;
- The Pre-programming HQE® - with the ranking of the 14 targets set by the methodology.

There are no bad grades in AQUA-HQE method, which defines only three levels of evaluation: good, superior or excellent. Good level corresponds to the minimum acceptable performance for a High Quality Environmental enterprise. This may meet regulations if it is sufficiently strict about the performance of the venture, or, in the absence thereof, current practice. The Superior is attributed to best practice level and the Excellent evaluation corresponds to the maximum performance observed in High Quality Environmental enterprises, ensuring that these may be achievable. (LANDWOIG M et al., 2013)

The French method HQE® has been adapted and originated the Brazilian process AQUA-HQE - acronym in Portuguese for High Environmental Quality - which is defined as a project management process to obtain the environmental quality of an enterprise

3. CASE STUDY: ENVIRONMENTAL PROTECTION CENTER OF THE HYDROELECTRIC PLANT BALBINA

Severiano Mario Porto has graduated on 1954 at Faculty of Architecture and Urbanism at Federal University of Rio de Janeiro (prior University of Brazil). In 1963 the architect took

a trip to Manaus on vacation, and decided to move with his family to this region in 1966. (CAMPOS, 2003) The architect is recognized for its brand in the Amazon architecture.

On February 2015, Severiano has completed 85 years old and his architecture to this day surprised by daring shapes and solutions, always seeking harmonious relationship with the environment. However, it is observed, unfortunately, the lack of respect for his work. Several projects were scrapped or modified, and some projects are condemned to oblivion by neglect and abandonment of those responsible for its preservation as in the Environmental Protection Centre Balbina (photos 3/4).



Photo 3 – Balbina's Center – main entrance (2015) (Source: author)



Photo 4 – Balbina's Center – general view (2015) (Source: author)

The Environmental Protection Center of the Hydroelectric Plant Balbina received the award granted by the IAB-RJ in 1987, highlighting the recognition of the architect who also received the Honorable Mention for the whole of his work. (CAMPOS, 2003).

In order to analyze the environmental performance of the building, the research team has visited The Environmental Protection Center on August, 20th 2015. Manaus is located at 3°S of the Equator, in the maximum solar radiation zone. There are no fluctuations in the length of day and night throughout the year and the seasons, except for the presence of a rainy season ("winter") a dry season ("summer"). The Center is located at Presidente Figueiredo City, approximately 200km from Manaus.

Aiming to discuss the environmental rating systems, this research involves the evaluation of the potentialities of Balbina's Center considering requisites defined by the two main rating systems adopted in Brazil: AQUA-HQE and LEED

For this analysis it has been considered the principles of reverse analysis, starting from the identification of the building's characteristics and then, evaluating the potentialities of the building to respond to the environment requirements defined by LEED and AQUA-HQE rating systems.

As explained before, there are no bad grades in AQUA-HQE method, which defines only three levels of evaluation considering three phases: program, project and construction. Considering that the building that has been chosen for this research already exists, it was necessary to apply the principles of reverse analysis. So, for this analysis it has been considered as minimum level (Good) the requisites whit potential to accomplish the requirements, but that cannot be evaluated yet. Environmental categories with great potential to achieve the environmental targets established by the rating systems has been considered with intermediate classification (SUPERIOR) The highest rating (EXCELLENT) was assigned only to the categories that have exceptional potential to be been fully achieved by the building features.

It is known that the environmental assessment methods require a series of measurements and informations that are not available and/or were impossible to obtain, considering the abandon of the building. In this sense, it is important to emphasize that this research has no intent to validate Balbina's project through any environmental rating system, but to intensify the discussion around the exaggerated importance that has been given to those methods in detriment of discussing architecture solutions with high quality environmental.

4. CONFRONTING CHARACTERISTICS OF THE ENVIRONMENTAL PROTECTION CENTER OF BALBINA WITH THE ENVIRONMENTAL RATING SYSTEM CATEGORIES

The visit occurred in a typical summer day. Using a Digital Hygro-Termometer, it was possible to measure the internal and external temperature. At mid-day the external temperature was around 37°C and 39°C while internally, the thermometer indicates 32°C and 34°C, demonstrating a significant attenuation of heat.

4.1 Environmental categories with potential for “excellent performance”

The concern of the architect to harmonize the project with the characteristics of the region can be noticed through Photo 5. The large space between the roofs and the coverage allows for thermal protection through air circulation, due the height that reaches 8 meters favoring the internal thermal conditions (photo 6).

Another aspect that can be highlighted about Balbina's construction is the fact that the architect was free to use the wood from the area that would be flooded due to the construction of the hydropower (Neves, 2006). Thus, the project can be evaluated positively regarding the use of local materials and building systems.



Photo 5 – Harmonious relationship with the environment



Photo 6 - the roof reaches a height up to 8 meters creating an air protection

The analysis of Balbina's project indicates that in laboratories were identified technical solutions that could allow the removal of toxic gases, and also ample ventilation. Furthermore, the air renewal occurs through the various openings along the main roof (photos 7 and 8)



Photos 7 and 8 - Zenith openings in the main cover

4.2 Environmental categories with potential for “superior performance”

With regard to energy management, it has been noted that the large coverage of the facility, plus the zenith ventilation designed for each part individually, indicates potential for energy saving as the use of air conditioning could be reduced. (Photos 9, 10).



Photo 9 – Double protection and zenith ventilation



Photo 10 – Double protection

Wide windows and visual interface with the outside illuminating the set, indicates that, artificial lighting will be only used in a complementary situation. (Photos 11, 12).



Photo 11 – Wide windows



Photo 12 – Natural lightening

In this sense, it can be inferred that there would be large reduction in energy consumption as a result of the magnificent architecture solutions. However, it was not possible to evaluate the performance of artificial lighting considering that the building is not being used.

In relation to water management, although it was not possible to find any indication regarding the optimal use of water or rainwater, channels were detected in the floor that could function as capture and utilization systems, indicating potential to meet this requirement satisfactorily.

With regard to acoustic comfort, during the visit it was revealed the concern of the architect in keeping work areas protected of the main sources of external noise – particularly vehicles. Measurements, with Portable digital sound level meter, allowed identify an attenuation of 10dB within the building. It should be noted the distance between the set and the main route, favouring the acoustic performance of the facility. In reference of material specification, the use of waterproof and washable liners in the canopy, restrooms and laboratories, indicates concern about the hygiene on site.

4.3 Environmental categories with potential for “basic performance”

Considering the missing information about the low impact during building construction, it was not possible to corroborate the full performance in relation to waste management, pollution and resource consumption. However, the architect option for construction material - basically wood seized extracted from the area that was flooded to build the hydropower – leads to a positive evaluation on this requirement.

Similarly, it was not possible to assess the project in relation to the management of waste from use-operation of the building, the quality of the use-operation waste management system, maintenance of the building and resilience of the performance of heating systems, ventilation, lighting and water management, considering that the building is abandoned. Thus, their performance was considered within the minimum standards required by the regulations. With regard to sanitary water quality, unfortunately we have not obtained the information or document analysis. Anyway, it was noticed the abundance of water supply due to the large number of rivers in the region.

5. SYNTHESIS OF POTENTIALITIES CONSIDERING AQUA-HQE AND LEED

The results of the qualitative evaluation, considering the environmental potentialities of Balbina's Center is summarized on Table 1, based on the correlation according to France GBC (2015) comparison.

The research demonstrates that Balbina Environmental Protection Center has great potential to meet satisfactorily the demands of environmental quality as established by the requirements of AQUA-HQE and LEED methods.

The analysis showed that the set could receive review "excellent" at least for five environmental targets, and demonstrates potential for maximum rating also in other categories. Therefore, despite the absence of international standards on the subject at the time of that project, the Centre designed by Severiano Mario Porto architect exceeded expectations in relation to environmental quality.

Table 1 - Correlation between Brazilian's AQUA-HQE, LEED, and Balbina's performance

<i>AQUA-HQE (Brazil)</i>		<i>LEED</i>	<i>BALBINA's Performance evaluation</i>
<i>Requisites</i>		<i>Dimensions</i>	
<i>ECO-CONSTRUCTION</i>	Category 1: Building relationship with the immediate surroundings	Location and Transportation (LT) + Sustainable sites (SS)	Excelent
	Category 2 - Integrated choice for processes and construction systems	Materials and Resources (MR)	Excelent
	Category 3 - Construction site with low impact	Location and Transportation (LT) + Sustainable sites (SS)	Good
<i>MANAGEMENT</i>	Category 4 - Energy management	Energy and Atmosphere (EA)	Superior
	Category 5 - Water management	Water Efficiency (WE)	Superior
	Category 6 - Management of waste from use-operation of the building	Materials and Resources (MR) + Sustainable sites (SS)	Good
	Category 7 - Maintenance	Materials and Resources (MR)	Good
<i>COMFORT</i>	Category 8 - Comfort Hygrothermal	Indoor Environmental Quality (EQ)	Excelent
	Category 9 - Comfort Acoustic		Superior
	Category 10 - Comfort Visual		Superior
	Category 11 - Comfort Olfactory		Excelent
<i>HEALTH</i>	Category 12 - Quality of spaces	x	Superior
	Category 13 - Air quality	Indoor Environmental Quality	Excelent
	Category 14 - Health quality of water		Good

Source: Comparison adapted from France GBC 2015 and completed with Balbina's research results

6. CONCLUSION

This paper has no intention to demonize the environmental certifications, nor to validate Balbina's Center through any environmental rating system. The main purpose was to discuss the exaggerated importance given to environmental certifications, through the reverse analysis of one recognized building, considered an icon of Severiano Porto legacy.

It has been presented that with basic architecture design principles, appropriate choice of construction systems and technical solutions, the environmental performance of the building can be enhanced, regardless of exclusive concern with any certification method.

The results obtained with this analysis indicates the urgency to discuss the importance given to environmental rating systems. It is necessary to encourage professionals to

search for the best solutions for design concept, and not the persecution of “*points for the assessment*” as defined by those certifications.

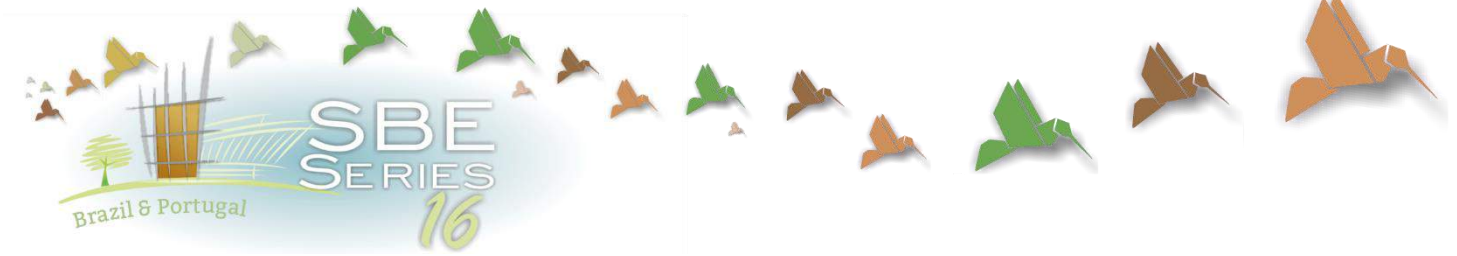
The case study highlights, therefore, the importance of professional training based on the domain of the best techniques of design and construction, which - harmonized through the project - will lead consequently to architectural solutions with high environmental performance.

7. ACKNOWLEDGMENTS

The authors thank National Council for Research and Development - CNPq for the financial support to this research (Productivity Scholarship, Scientific Initiation Scholarship and Universal Edict 2012)

REFERENCES

- Association HQE – Haute Qualité Environnementale, Statuts de l'Association, <<http://assohqe.org/hqe/IMG/pdf/STATUTS.pdf>>. Accessed on August 2015.
- CASTELLS, A. L'Architecture et la Haute Qualité Environnementale. Centre Interprofessionnel de Formation Continue de l'Architecture, Module Du 18 juin 2010, Ecole d'Architecture de Toulouse, Toulouse, 2010
- CAMPOS, E. R. de A arquitetura brasileira de Severiano Mario Porto ARQUITEXTOS 043.08 ano 04, dez. 2003. (<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/04.047/594> [accessed on August 2015]).
- COLE, R. J. (2005) Building Environmental Assessment Methods: redefining intentions. The 2005 World Sustainable Building Conference, Tokyo, 2005 *Proceedings*...2005 p. 1934 a 1939
- DIÁRIO OFICIAL DO LEGISLATIVO. Lei 312 de 18 de fevereiro de 2016. (<http://www.ale.am.gov.br/wp-content/uploads/2016/03/Edicao72602032016-Extra.pdf> [accessed on May 2016])
- France-GBC *International environmental certifications for the design and construction of non-residential buildings The positioning of HQE certification relative to BREEAM and LEED* (http://francegbc.fr/images/utilisateurs/79/2015_EN_France_GBC_study_HQE_LEED_BREEAM.pdf [accessed on October 2015]).
- Landwoig M et al. HQE certification applied to the reality of the civil construction industry in Brazil International Conference on Industrial Engineering and Operation Maintenance ICIEOM 2013. In: *Proceedings*... Espanha, 2013 (Available in http://www.abepro.org.br/biblioteca/ICIEOM2013_STO_173_995_21349.pdf)
- NEVES, Leticia de Oliveira, *Arquitetura Bioclimática e a obra de Severiano Mário Porto: Estratégias de ventilação natural*, 2006. Dissertation (Master in Architecture), IAU/Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.
- REED, R., BILOS, A., WILKINSON, S., and Schulte, K. (2009) *International Comparison of Sustainable Rating Tools*, JOSRE, vol 1 . 1, n°. 1 (In: <http://www.costar.com/josre/JournalPdfs/01-Sustainable-Rating-Tools.pdf>)
- Referencial de Certificação AQUA-HQE - Serviços, outubro 2007. (available online http://vanzolini.org.br/conteudo-AQUA-HQE.asp?cod_site=104&id_menu=760 [accessed on September 2015]).
- SALGADO, M. S. Implementation of Quality Management System on architecture offices as a requirement for sustainable design. In: CIBW096 Architectural Management in the Digital Arena, 2011, Viena. Proceedings of CIB-W096 p. 276-286 (https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB_DC24374.pdf)
- SALGADO, M. S. LEMOS, H. M. (2005) *Guidelines for the certification of laboratory architectonic design, considering quality, environment and safety requirements. In: Proceedings of SB05 Japan, Tokyo.*
- USGBC – United States Green Building Council. Institutional site. (<http://www.usgbc.org> [accessed on September 2015]).



Chapter 6

Adaptation of cities and buildings to climate changes

SBE16 Brazil & Portugal
Sustainable Urban Communities towards a Nearly Zero Impact Built Environment
ISBN: 978-85-92631-00-0



Edificações verticalizadas e efeitos associados às condições térmicas em Belém, Pará

Andrezza de Melo Barbosa

Master's Student in Civil Engineering, Federal University of Amazonas, Manaus
andrezzambarbosa@gmail.com

Lucieta Guerreiro Martorano

PhD in Agrometeorology, Research "A" at the Embrapa, Belém
lucieta.martorano@embrapa.br

Virginia Mansanares Giacon

PhD in Chemical engineering, Federal University of Amazonas, Manaus
giacon@ufam.edu.br

ABSTRACT: O Painel Intergovernamental de Mudanças Climática (IPCC) vem alertando para o aumento da temperatura média na Terra. Os grandes centros urbanos intensificaram as áreas construídas, verticalizaram suas edificações para expandir a capacidade de aporte populacional, ampliaram a área asfaltada do sistema viário, reduziram as áreas permeáveis e vegetadas condicionando o surgimento de vários fatores ambientais, inclusive as ilhas de calor nas grandes cidades. Objetivou-se neste trabalho avaliar respostas térmicas capazes de expressar evidências associadas ao processo de verticalização em Belém, Pará. Utilizou-se uma série histórica de dados mensais de temperatura do ar totalizando 44 anos (1967 a 2010) para analisar condições térmicas que descrevem o clima local. Para avaliar a verticalização foram analisados dados disponíveis na literatura sobre a evolução do número de pavimentos de 1878 a 2009 em Belém. Fez-se análise de anomalias, amplitudes térmicas e testes de correlação entre essas variáveis resposta. Os resultados indicaram que as temperaturas mínimas do ar se elevaram nos últimos 16 anos, expressas em termos de anomalias quentes, a partir de 1995 que podem estar associadas à mudança do skyline, principalmente nos bairros Doca de Souza Franco e Umarizal. Houve redução das amplitudes térmicas, evidenciando aumento da temperatura mínima aproximando-se do gradiente das temperaturas médias que foi explicada com cerca de 93% pela verticalização urbana. Conclui-se que existe necessidade de adoção de estratégias mitigadoras para evitar possíveis ilhas de calor em bairros mais verticalizados de Belém.

Keywords *Anomalias, skyline, ilhas de calor, temperatura mínima.*

1. INTRODUÇÃO

A região norte brasileira é formada por sete estados, sendo que em 2011 apresentava uma população estimada em aproximadamente 16 milhões de habitantes. O estado do Pará contabilizava uma população de 8 milhões de pessoas, concentrados em aproximadamente 1.4 milhões de residentes na capital paraense (IBGE, 2014), considerada a “metrópole da Amazônia”.

Nos últimos 40 anos a cidade de Belém recebeu um intenso fluxo migratório com adensamento demográfico nos bairros, infraestrutura comercial, aumento em áreas asfaltadas de vias de tráfego, ocasionando concentrações no processo de verticalização habitacional, principalmente nas áreas com maior infraestrutura como nos bairros do Umarizal, Batista Campos, Nazaré e Marco (RODRIGUES et al., 2015).

Os dados do IBGE (2010) apontavam que cerca de 90% dos domicílios eram classificados na categoria de aglomerados subnormais, indicando que Belém continha predominância de construções com baixa elevação. Fatores relacionados à infraestrutura da cidade e mudanças no tipo de edificações vêm proporcionando diversos problemas à população, entre eles, sensações de desconforto térmico devido, principalmente, pela redução de áreas verdes e ausência de soluções arquitetônicas que priorizam o conforto térmico em função das características climáticas da região amazônica.

Mello (2007) ressaltou que Belém passou por diferentes processos de verticalização. Até 1949 as edificações mais elevadas apresentavam apenas 5 pavimentos e, entre 1954 a 2001 a cidade teve como destaque o edifício Manoel Pinto da Silva com 26 pavimentos. Em 2002, o edifício Pégasus foi construído na capital paraense com 35 andares e, em 2009 duas torres de 40 pavimentos (Village Sun/Moon) consolidam o processo de verticalização na cidade.

Os bairros Umarizal e Doca de Souza Franco foram apontados por Oliveira et al. (2005) como as principais zonas com modificações no skyline da cidade, apresentando padrões construtivos em elevação com níveis significativos, pois as edificações com até 40 pavimentos são permitidas pelo Ministério da Aeronáutica (Ferreira & Nahun, 2008). Segundo Paranaguá et al. (2003). Em 1986 a área verde de Belém representava 50% do território (588 km²), sofrendo reduções em 1994 na ordem de 37% (434 km²) e novamente em 2001 para 33% (388 km²), totalizando perda de 200 km² (17%) de sua cobertura florestal.

De acordo com o IBGE (2012), as duas capitais da região Amazônica são as menos arborizadas do país, onde Manaus apresenta 25,1% de percentual arborizado e Belém, a cidade menos arborizada do Brasil, apresentou percentual de somente 22,4% de árvores no entorno dos domicílios, em área pública. Vale ressaltar que mesmo sendo Belém considerada a cidade das mangueiras, sua área vegetada é considerada reduzida aos padrões de áreas vegetadas em centros urbanos no Brasil.

Aspectos como edifícios sem afastamentos laterais e, conseqüentes barreiras à ventilação, sem uso de pilotis para ampliar a permeabilidade à circulação do vento, entre outros, contribuem para propiciar a formação de ilhas de calor nas cidades. Em anos com anomalias térmicas esses efeitos podem ser intensificados nessas áreas urbanas

umentando o uso de energia elétrica, por exemplo, em cidades quentes e úmidas na Amazônia. Nesse contexto, objetivou-se avaliar o regime térmico da cidade de Belém associado ao aumento do gabarito dos edifícios da capital paraense.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização do estudo das variáveis térmicas de Belém, foi realizada análise exploratória dos dados de uma série histórica, homogênea, de 44 anos (1967 a 2010), disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. Foram tratados dados de temperatura do ar (máximas, mínimas e médias), bem como as anomalias térmicas (quentes e frias), usando os pressupostos de Ambrizzi (2002). As amplitudes térmicas foram calculadas e normalizadas, bem como fez-se a normalização dos dados de número de pavimentos por edificação. Foram avaliadas se havia correlação em função das variáveis térmicas analisadas (Figura 1).

Os dados foram organizados em planilhas no software Excel 2007, contendo valores de temperaturas do ar (mínima, média e máxima) registradas na estação meteorológica do INMET. Posteriormente, analisou-se todos os meses no decorrer de todos os anos, comparando-se desta forma o comportamento de cada mês durante 44 anos.

Anomalias térmicas (frias e quentes) foram calculadas, através da análise estatística de Desvio padrão, e realizou-se a normalização do número de pavimentos para verificação de correlações. Também avaliou-se a amplitude térmica para avaliar possíveis respostas associadas às mudanças da temperatura do ar em relação ao aumento de gabarito e possíveis respostas em termos de conforto térmico em Belém.

Influências de mecanismos de grande escala como o Enos também foram analisados, observando-se os anos de ocorrência de El Niño e La Niña, fracos, moderados e fortes, disponibilizado na base de dados do INPE/NOAA. Com esses dados, realizou-se uma análise em relação à temperatura do ar de Belém e suas possíveis interferências.

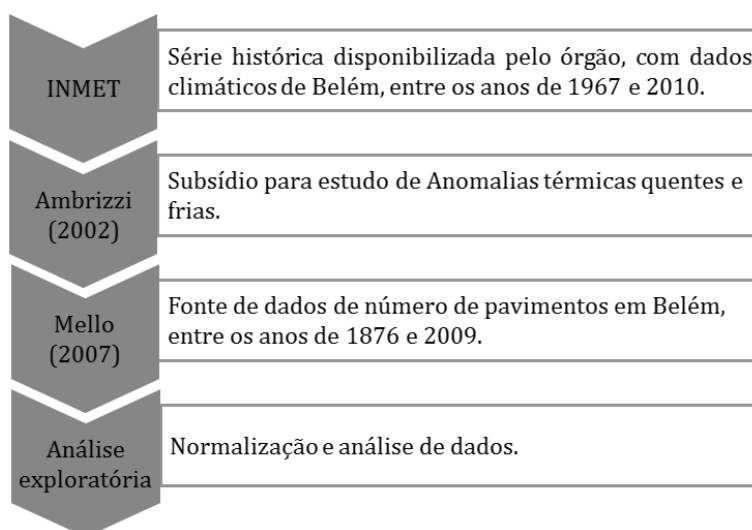


Figura 1. Diagrama metodológico. Fonte: Autores.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao avaliar a evolução do skyline da cidade de Belém, observou-se que a verticalização da cidade se manteve até meados da década de 40 (século XX) com gabaritos pouco expressivos, representados por edificações de até 5 pavimentos. Na década seguinte foi construído o prédio mais alto da região Norte até então, nomeado Manoel Pinto da Silva, com 26 pavimentos (MELLO, 2007) e uma configuração inovadora para a época.

A hegemonia do mesmo (Manoel Pinto) se manteve até o início da década de 80, quando o segundo edifício com o mesmo número de pavimentos foi construído, em 1981 (Figura 2). Em 2000 a capital paraense passou a receber edificações superiores a 30 pavimentos com torres de 40 andares (altura máxima, em 2009 (MELLO, 2007)).

Dessa forma, a cidade que possuía uma configuração predominantemente horizontalizada, passou a verticalizar seu skyline (Figura 3), principalmente em bairros centrais como Umarizal, Doca de Souza Franco e Batista Campos, retratando também o alto poder aquisitivo destas zonas bem como um dos metros quadrados mais caros da cidade (OLIVEIRA et al., 2005).

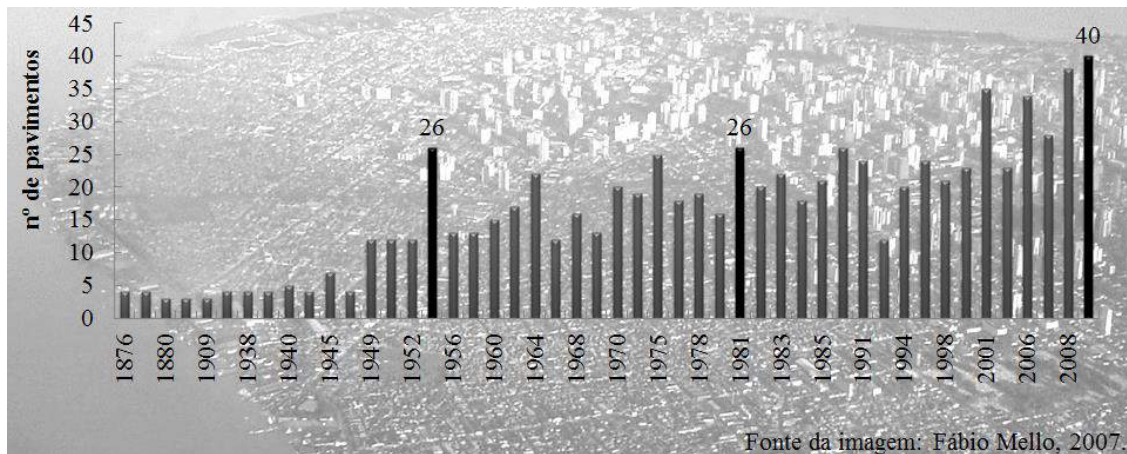


Figura 2. Evolução do nº de pavimentos em Belém (1876 a 2009). Fonte do gráfico: Autores.



Figura 3. Imagem da cidade de Belém evidenciando a verticalização no bairro Umarizal, em contraste com áreas vizinhas de edificações horizontais. Fonte: Lucieta Martorano (Abril, de 2016).

A redução de áreas permeáveis, devido à alteração do uso do solo decorrente do processo acelerado de crescimento urbano está diretamente ligada à perda de área ou cobertura

vegetal de Belém (OLIVEIRA et al., 2005). De acordo com Paranaguá et al. (2003), a capital paraense perdeu, entre 1986 e 2001, cerca de 200 Km² de cobertura florestal, restando, em 2006, pouco mais de 30% de mata original (IMAZON, 2007). Portanto, a dinâmica do Skyline da cidade alterou não somente o seu desenho, evidenciando a ausência de planejamento urbano, como também o seu panorama paisagístico com a redução de áreas verdes, e conseqüentemente alterando suas condições ambientais (BARBOSA et al., 2011a).

3.1 Análise da temperatura do ar

Nos 44 anos estudados, observou-se ocorrências de variações no padrão de temperatura do ar em Belém, os quais evidenciam respostas em anos de eventos extremos (Figura 4), a exemplo de anos com influências do ENOS (GRIMM et al., 1998) como foi o caso do El Niño forte, em 1998 e 2005.

Em termos de anomalia térmica, notou-se que houve predominância de anomalias frias, até meados da década de 90, do século XX, havendo inversão nas respostas térmicas a partir de 1995, quando as anomalias quentes passaram a predominar, expressando possíveis efeitos da intensificação na verticalização arquitetônica em Belém (Figura 5).

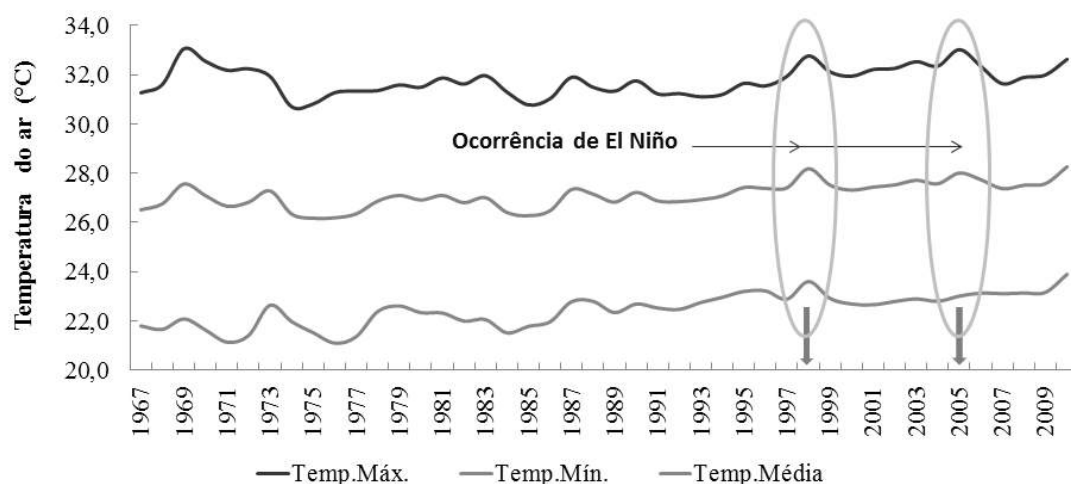


Figura 4. Temperaturas anuais em Belém, PA entre 1961 e 2010.

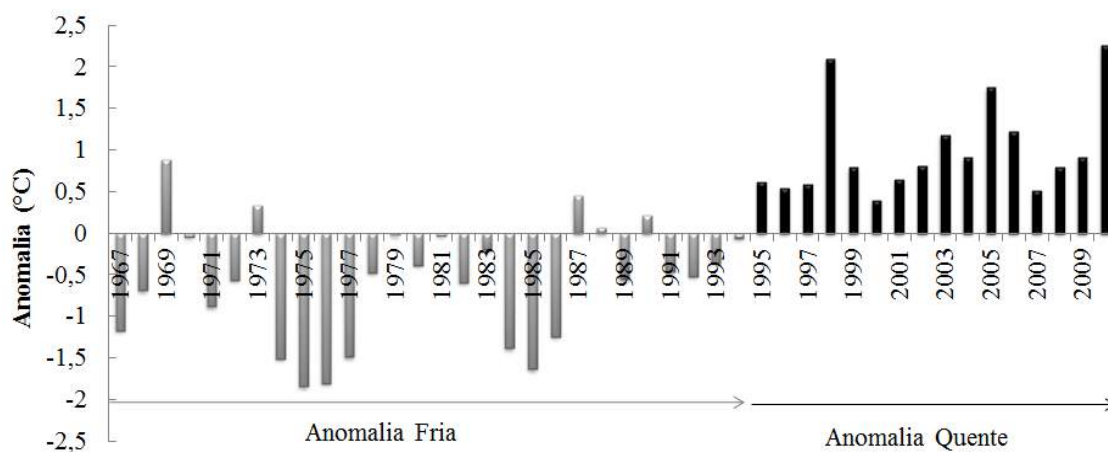


Figura 5. Anomalias quentes e frias em Belém. Fonte: Barbosa, 2011b.

Com base em dados de normais climatológicas, novembro é o mês com a temperatura máxima do ar de 32,3°C, sendo a mais elevada em relação à climatologia anual expressa nos demais meses em Belém. Também, ao analisar a série histórica utilizada neste trabalho, constatou-se que esse valor foi ultrapassado em 1969, quando atingiu 33,1°C, caracterizando uma situação de anomalia quente nesse ano.

A temperatura mínima da série histórica ficou 75% a cima do padrão climatológico que varia entre 21,6°C e 22°C, chegando a atingir até 23,9°C. Com isso, houve redução da amplitude térmica (Figura 6) que em 1971 foi de 11°C, chegando a menos de 9°C em 2010.

A partir da normalização da amplitude térmica e da evolução do número de pavimentos em Belém, verificou-se alta correlação explicada com 93% de probabilidade de que o aumento do gabarito dos prédios influenciou na redução da amplitude térmica de Belém devido o aumento das temperaturas mínimas nos últimos 16 anos analisados.

Foi possível observar, fazendo a primeira derivada no modelo, que houve aumento de aproximadamente 1°C nas condições térmicas da cidade (Figura 7). Essa redução na amplitude térmica foi decorrente da elevação nas temperaturas mínimas, ou seja, nos últimos anos da série histórica analisada as madrugadas foram mais quentes em Belém.

Esses resultados indicam cenários que apontem “bolsões de calor”, ou “ilhas de calor” na grande Belém, a semelhança dos estudos de Barros e Lombardo (2016). Alternativas mitigadoras de efeito térmico, associadas à implantação do planejamento urbano devem considerar aspectos relacionados ao acúmulo e dissipação de energia, permeabilidade nas edificações, uso de tetos e painéis verdes, pilotis como estratégia de garantir o conforto térmico nas áreas de expressiva verticalização na cidade.

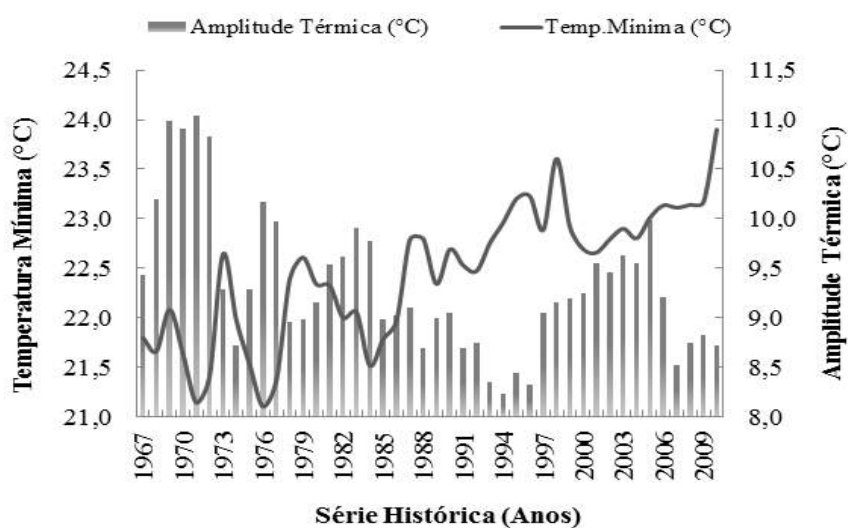


Figura 6. Aumento da Temperatura Mínima e Redução da Amplitude térmica.

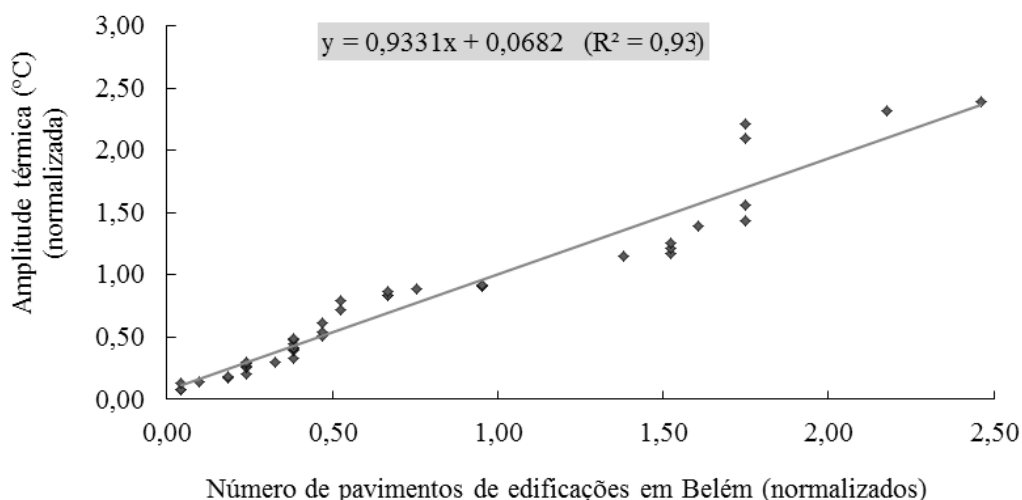


Figura 7. Correlação entre amplitude térmica e verticalização. Fonte: Barbosa, 2011b.

Por fim, vale ressaltar que o Plano Diretor Urbanístico de Belém deve considerar aspectos arquitetônicos e de conforto térmico apropriados para a região, a exemplo das diretrizes de projeto apontadas pela norma de desempenho térmico (ABNT, 2013), visando uma consonância com políticas públicas que geram indicadores de cidades sustentáveis.

4. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos conclui-se que:

- O acelerado crescimento urbano verticalizado é um forte indicativo da predominância de anomalias quentes nos últimos anos em Belém;
- 40 anos de intensificação dos espaços verticais construídos apontam efeitos nas condições térmicas em bairros altamente urbanizados de Belém;
- Em anos de El Niño forte a temperatura do ar (mínimas, médias e máximas) aponta picos de elevações térmicas;
- As reduções nas amplitudes térmicas são decorrentes do aumento das temperaturas mínimas na cidade de Belém; e
- Número de pavimentos correlacionados com amplitudes térmicas indicam elevações de 1°C na temperatura do ar na capital paraense.

REFERÊNCIAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15.575: *Edificações habitacionais — Desempenho*, Parte 1: Requisitos gerais. RJ: ABNT, 2013. 71 p.
- AMBRIZZI, A. B. P. e T. Uma associação entre as anomalias da temperatura da superfície do mar dos oceanos Pacífico e Atlântico e a temperatura, geadas e precipitação na estação meteorológica do IAG/USP, em São Paulo, durante o período de inverno. *Anais. São Paulo: USP. Departamento de Ciências Atmosféricas*. 2002. p.165-179.
- BARBOSA, A. de M.; MARTORANO, L. G.; FRANCO, I. M.; MORAES, J. R. da S. C. de; MONTEIRO, D. C. A.; ALMEIDA, R. F. Volume de água precipitado para subsidiar avaliações da capacidade de suporte de edificações com tetos verdes mitigadores de ilhas de calor na cidade de Belém, Pará. In: *63ª Reunião Anual da SBPC*, Goiânia, Goiás. Anais da 63ª Reunião Anual da SBPC, 2011a.

- BARBOSA, A. de M.; MARTORANO, L. G.; FRANCO, I. M.; MONTEIRO, D. C. A. Influência da verticalização na temperatura do ar e tetos verdes para mitigar o efeito térmico na grande Belém. In: *15ª Seminário de Iniciação Científica da EMBRAPA, Belém, Pará*. Anais Pibic Embrapa 2011b.
- BARROS, H. R.; LOMBARDO, M. A. A ilha de calor urbana e o uso e cobertura do solo em São Paulo-SP. *Geosp - Espaço e Tempo (Online)*, v. 20, n. 1, p. 160-177, mês. 2016. ISSN 2179-0892. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/geosp/article/view/97783>. DOI: <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geosp.2016.97783>.
- FERREIRA, A. L. O.; NAHUN, J. S. Fetichização da natureza: Produção do espaço, especulação imobiliária e estratégias mercadológicas no processo de verticalização em Belém. In: *Seminário internacional - Amazônia e fronteiras do conhecimento, Belém, Pará*. 2008.
- GRIMM, A. M.; P. ZARATINI; J. MARENGO. Sinais de El Niño na precipitação da Amazônia. *Anais do X Congresso Brasileiro de Meteorologia*. Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1998.
- IBGE. Censo 2010: Aglomerados subnormais - Informações territoriais. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/imprensa/ppts/00000015164811202013480105748802.pdf>. Acessado em 30/5/2016.
- IBGE. Características urbanísticas do entorno dos domicílios. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. Disponível em: www.ibge.gov.br/home/presidencia/.../00000008984005122012401025672549.xls. Acessado em 30/5/2016.
- IBGE. IBGE-Cidades@ 2014. Belém, Pará. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=150140>. Acessado em 30/5/2016.
- IMAZON - Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia. Belém sustentável, 2007. Disponível em http://www.ciflorestas.com.br/arquivos/doc_belem_2007_32185.pdf. Acessado 30/5/2016.
- MELLO, Fábio de. A verticalização em Belém do Pará: Um estudo das transformações programáticas e arquitetônicas em edifícios residenciais multifamiliares. 2007. 163p. *Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro*.
- OLIVEIRA, Janete M. G. C. de; FRANÇA, Carmena F. de; BORDALO, Carlos A. L. A verticalização em Belém-Pará, Brasil, nos últimos trinta anos: a produção de espaços segregados e as transformações sócio-ambientais. In: *X encontro de geógrafos da América Latina, 2005, São Paulo*. Anais. São Paulo: USP, 2005. p. 10609 - 10620.
- PARANAGUÁ, P.; MELO, P.; SOTTA, E. D.; VERÍSSIMO, A. Belém Sustentável. Belém: Imazon, 2003. Disponível em: <http://www.imazon.org.br/publicacoes/livros/belem-sustentavel>. Acessado em 30/5/2016.
- RODRIGUES, Roberta Menezes. 2015. *Formas de provisão de moradia na Região Metropolitana de Belém*. In: Ana Cláudia Duarte Cardoso, José Júlio Ferreira Lima (editores). Belém: Transformações na ordem urbana. Rio de Janeiro: Letra Capital: Observatório das Metrôpoles, 2015. 197 - 229.



Integrated system for energy optimization and reduction of building CO² footprint

Ernesto Echeverría Valiente

U. de Alcalá, School of Architecture, Architecture Department, Alcalá de Henares (ES), Spain
ernesto.echeverria@uah.es

Flavio Celis d'Amico

U. de Alcalá, School of Architecture, Architecture Department, Alcalá de Henares (ES), Spain
flavio.celis@uah.es

Fernando da Casa Martin

U. de Alcalá, School of Architecture, Architecture Department, Alcalá de Henares (ES), Spain
fernando.casa@uah.es

Manuel de Miguel Sánchez

U. de Alcalá, School of Architecture, Architecture Department, Alcalá de Henares (ES), Spain
manuel.miguel@uah.es

Patricia Domínguez Gómez

U. de Alcalá, School of Architecture, Architecture Department, Alcalá de Henares (ES), Spain
interpatridg@gmail.com

Ignacio Delgado Conde

U. de Alcalá, School of Architecture, Architecture Department, Alcalá de Henares (ES), Spain
igdeco@gmail.com

Álvaro Mozas Santander

U. de Alcalá, School of Architecture, Architecture Department, Alcalá de Henares (ES), Spain
Alvaro.mozas@uah.es

Kevin Moreno Gata

U. de Alcalá, School of Architecture, Architecture Department, Alcalá de Henares (ES), Spain
Kevin.morenogata@gmail.com

Juan Manuel Vega Ballesteros

U. de Alcalá, School of Architecture, Architecture Department, Alcalá de Henares (ES), Spain
Juanmanuel.vega@uah.es



Francisco Martin San Cristóbal

U. de Alcalá, School of Architecture, Architecture Department, Alcalá de Henares (ES), Spain
francisco.martin@larentia.es

ABSTRACT: The main purpose is the design and development of an integral system for the energy inspection and energy evaluation for buildings with high energy-saving potential, which will make possible the proposal of effective rehabilitation actions towards the reduction of the CO² footprint and the conversion of those buildings into zero-consumption buildings.

First of all, all the typologies of buildings have been studied to choose which one is the ideal model. A multidisciplinary approach has been applied to deal with this task, including the design of an indoor unit mounted on a trolley and a UAV drone unit for the complete, geometric and thermographic, measurement of the building's envelope. All processed data have been compiled in Building Information Models (BIM) containing also all the information required for the energy evaluation of the building. These models were made with all the data georeferenced so they could be automatically incorporated into the energy analysis software. Several of this energy analysis software were used to evaluate the model and the results have been compared, focusing on the complexity and the percentage deviation of results.

A methodology for evaluating the energy generated by buildings has been developed, and it also includes the creation and evaluation of innovative building solutions that would lead us to reduce energy consumption. These solutions have been gathered in a manual for use in several similar buildings.

Keywords *Energy efficiency, Integrated Design, BIM, laser scanner, indoor/outdoor mapping*

1. BACKGROUND

Energy consumption in buildings accounts for approximately one third of the EU energy consumption and CO² emissions, this is more than the consumption of industrial activity or transportation. Therefore, the rationalization of energy consumption in this sector has become a priority on the national and European energy policy, manifested by the appearance of specific regulations. Particularly noteworthy is The Spanish Strategy for Science and Technology, under the "Horizon 2020" of the EU, that states the challenge of producing safe, clean and efficient energy. In the case of existing buildings (in Spain there are 13 million homes most households amenable to be intervened, most of them from the years 1940-80, with nonexistent rules and scarce resources that difficult their intervention), energy rehabilitation works can bring savings of up to 75% in energy consumption, and a reduction in CO₂ emissions of most of 34% with respect to 2001 (WWF, 2012).

2. OBJECTIVES

2.1 Main Objective

The objective of this research is the development and creation of an integrated system that allows simplify the process of data collection, analysis of the situation and application of energy-saving solutions to a building rehabilitation as much as possible.

The rehabilitation leads to the recuperation of the interior thermal comfort and the reduction of maintenance costs, with a return period of investment assumable. Each building is a unique case, with its particularities in geometry, composition and construction (Celis et al, 2012), as well as its occupation and use, typology, facilities and management. The availability of comprehensive, unified and consistent information is a key factor to do a proper diagnosis and optimal decision making.

2.2 Election of study case

The study case is located in the south-western Galicia region. It has been chosen as a model for this investigation because in the 70's there were a great expansion of the construction sector, which had to built many new schools, but with low climatic requirements. Once there were analyzed a number of existing typologies with the previous conditions, it was chosen an educational building located in the south-western Galician region. In the 70s it was experienced a big construction expansion that led to the construction of new schools across Spain but with low climatic requirements. This model has been replicated frequently throughout the national territory (in this area, the same school project was built 35 times), and the study of this unit will provide data to know other similar centers in the area. The study building is the childhood education center of San Roque Elementary in Cangas, Pontevedra, (1972), (Fig. 1)



Figure 1. Study case. San Roque Elementary school in Cangas, Pontevedra, Galicia, España.
West facade.

2.3 Data collection.

Regarding to geometry, the original drawings of the existing buildings aren't always available are not related with the constructed reality. For digital geometric modeling or 3D reconstruction, the laser scanners have an increasing acceptance, with specialist literature (Huber et al, 2011) pointing to its utility in the generation of 3D models BIM architecture.

Within the integrated system designed has been used a technology to acquire the geometry using a moving measuring device without GPS assistance, as the international reference research groups, such as the Video and Image Processing Lab, University of California Berkeley, and the Robotics Lab at the City College of New York, USA, has been developed. It has been also developed an unmanned aerial vehicles (UAV) model, with thermographic and geomatic sensors located in multi-rotor helicopters type (drones), which can fly at slower speeds and even maintain a fixed position (Fernández-Hernández et al, 2012).

BIM (Building Information Models) technology appears as the solution to compile all the information needed for the energy modeling process: 3D geometry, thermographic inspection and boundary environmental and technical conditions of the building (Lagüela et al, 2013; Vanlande et al, 2008). BIM does available to the energy inspector all the information and energy efficiency studies obtained of from the building (Raheem et al., 2011). The benefits from of this technology have been demonstrated by reducing costs and errors in the construction process, making a substantial improvement in the energy modeling of buildings (GSA, 2009) thanks to its large amount of data and faithful reproduction of constructed reality (Wang et al., 2011). However, advances in software on BIM and energy assessment takes focus on the early stages of life in the building: its design and endowment. Thus, the main commercial architectural design software tools offer BIM

(© Autodesk, Bentley Systems ©, CYPE ©), but the energy assessment of as-built BIM is still under investigation.

2.4 The energy simulations

Within the integrated system that allows simplify the process of data collection, analysis of the situation and application of energy-saving solutions to a building rehabilitation as much as possible, this article will focus specially on energy simulations on the model of study and its connection with compliance with official regulations, (CTE, 2006) (Spanish Technical Building Code/Código Técnico de la Edificación).

3. ARQUITECTURE AND CLIMATE IN GALICIA

The climate of the village where the school is located under study is a mild, regular and humid climate. Temperatures range between 5 and 17 ° C, in winter and 15 and 25 ° C in summer, with humidity all year between 70 and 95%.

On the current regulation, the determination of climatic zones are given by the CTE, according to topographic height of each municipality, in the form of numerical table. It has developed a mapping with data versions CTE 2008 and 2013, with notable differences and several doubts regarding the correct climate distribution.

In this situation, it is very important for this research to obtain real climate data. Thus, the first step in the research is the realization of a new climate map of Galicia based of a proven methodology and set (da Casa, 2000), with the following phases:

- Consultation of weather information available through the official website of the autonomous community www.meteogalicia.es; all available stations with updated information are analyzed (fig. 2);
- There is established which weather stations are updated frequently, with no more than ten years in between;
- Monthly data of maximum and minimum temperatures, average data of maximum and minimum temperatures and relative data humidities are collected;
- The data are applied to Givoni diagram and bioclimatic strategies are established monthly;
- All the data obtained are arranged in a map and doubted zones are identified, data are analyzed even if the data are less than ten years, completing monthly distributions;
- Ultimately, there are obtained a map of monthly strategies, analyzed and verified the existence of potential clusters of great similarity, establishing zones with common data.

With the mapping created, it is possible to establish the policy needs on each of the selected schools (35), with the same characteristics of the study case.

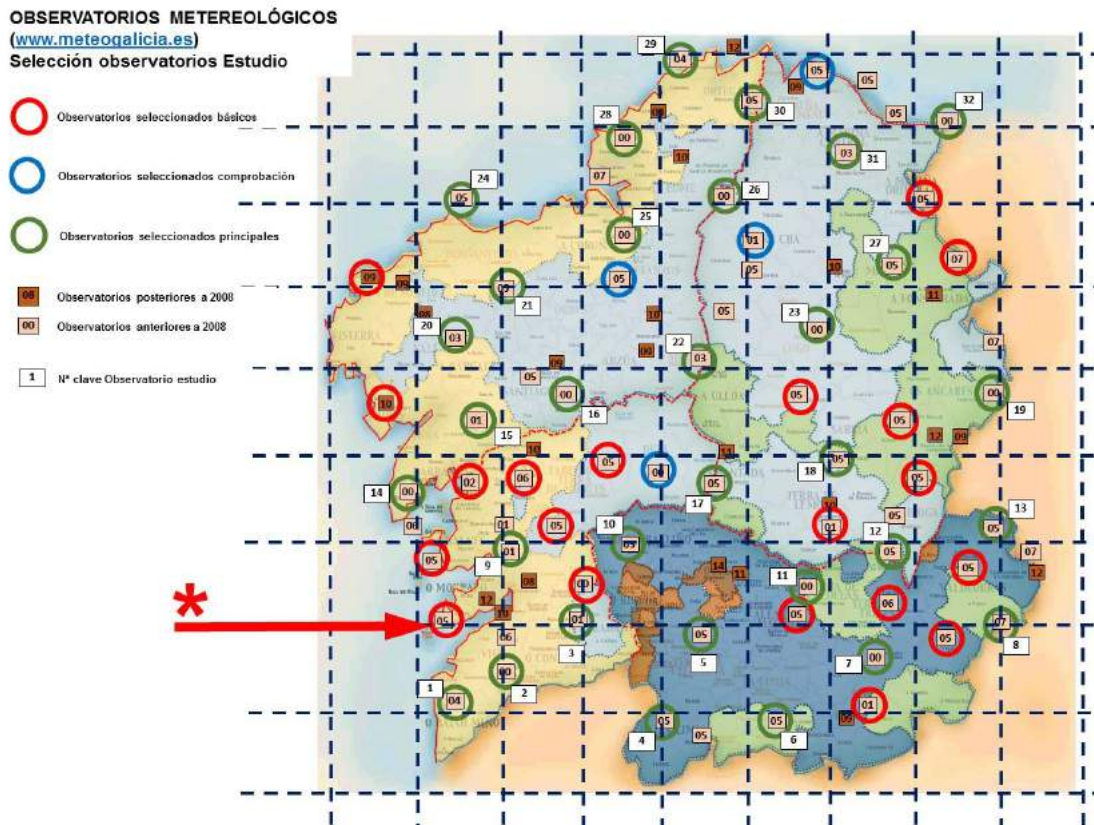


Figure 2. Map of Galicia with the climatic zones according to CTE 2013 and observatories studied. With (*) is indicated the village (Cangas, Pontevedra) where is situated the study case.

4. ANALYSIS OF CURRENT STATUS AND PROPOSED IMPROVEMENTS

As already mentioned in this article has focused attention on the comparison of results between different simulation tools. To analyze the current status and proposed improvements of the building will be used several computer simulations tools:

- HULC: (Herramienta Unificada LIDER CALENER -Unified Tool LIDER-CALENER). It is the official tool provided by the CTE in Spain for energy assessment of buildings. Last version 26/07/2016. (view of results on fig, 5);
- ECOTECT: One of the best simulation tools. It is currently unavailable because it is no longer provided by AUTODESK. (fig. 3, 4);
- REVIT: It's the BIM of AUTODESK suite, and allows to obtain direct 3D image from the robotic entries and is associated with ENERGY PLUS engine analysis;
- CASANOVA: It is a free software. Very accessible and intuitive, It has operative limitations and data input;
- SEFAIRA: It is a plugging for SKETCHUP. It has now been bought by the owner of SKETCHUP, ISCAR. Easy to shape but very simple.

Not all the computer simulations tools allows to use the same starting parameters. In some cases (REVIT, CASANOVA and SEFAIRA), there are not taken into consideration the hours of daily or monthly activity. In other cases, is not possible to use the real thermal data of the

enclosures (it is only possible with ECOTECT) because they are much lower than the software admitted.

There are established three starting points:

- Case 0: No timetables or schedules of use are applied. External walls data correspond to the CTE. It can be applied to all analysis tools used in this research;
- Case A: Applying schedules and calendars. Using actual data of transmittance obtained "in situ" with measurement devices. It is only applicable with ECOTECT;
- Case B: Same as Case A, but introducing building materials data from the CTE database. It is applicable with HULC and ECOTECT.

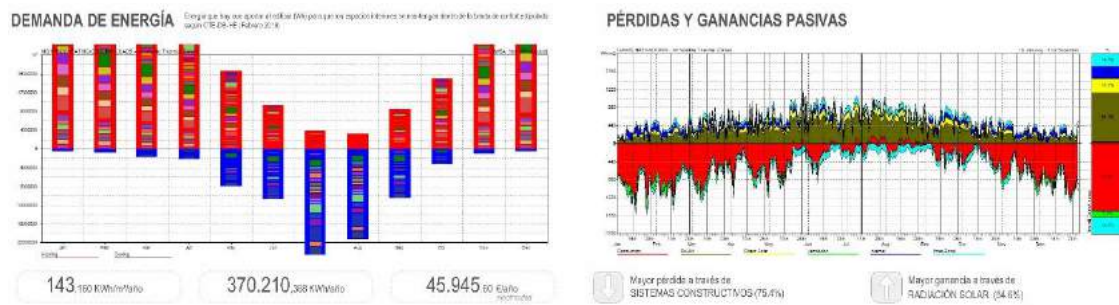


Figure 3. CASE 0 – Current status. Monthly demand for energy. Passive lost and gains. (results by ECOTECT)

5. IMPROVEMENT PROPOSALS

The simulations made with the different tools can be seen as requirements are isolation and uptake of radiation. They are used the same premises to discuss the results with all the tools, based on constructive solutions verified by the CTE. Three changes have been proposed but it would be possible to extend the application to many other combinations, using the speed of the simulation analysis:

- Option C: application of a new 15 cm insulation inside the facades is proposed;
- Option D: application of a new 15 cm insulation on the roof/deck is proposed;
- Option E: replacing existing windows by others with thermal break and double low emissivity glazed is proposed;
- Option F: It is the sum of all previous proposals (option C+ option D+ option E).

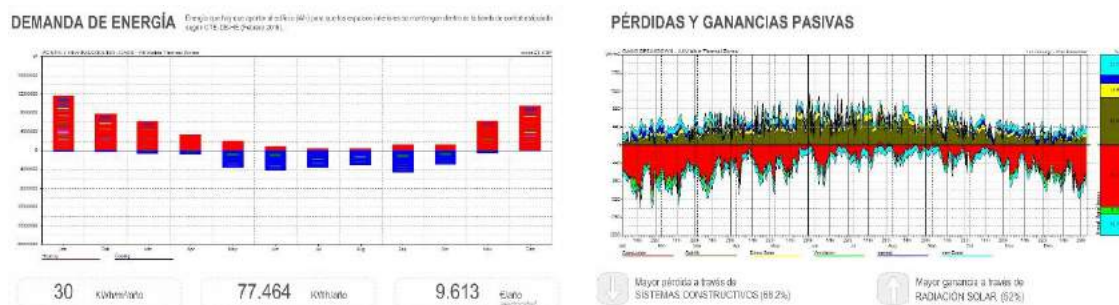


Figure 4. OPTION F- Monthly demand for energy. Passive lost and gains (ECOTECT)

	Verificación Límite de consumo				Certificación			
	Consumo EP no renovable edificio Objeto	Consumo EP no renovable edificio Referencia	Porcentaje respecto al edificio de referencia	Califica. EP	Consumo EP no renovable	Indicad or kgCO2/m2 año	Letra	Etiqueta energética
	kWh/m2.año	kWh/m2.año	% maximo 65		kwh/m2 año	m2 año		
OP. O	77,59	36,05	215,21	G		17,00	G	
OP. C	68,83	36,05	190,90	F		14,70	G	
OP. D	76,40	36,05	211,89	G		16,70	G	
OP. E	60,41	36,05	167,54	F		12,60	G	
OP. F	45,88	36,05	127,25	D		8,90	F	

Figure 5. Summary of Case 0, and each study options C, D, E, and F. (graphic elaborated with HULC)

Studying the summary table of results (table 1) can be seen that in general, there are further reductions in consumption with constructive solutions applied to the roof or windows (around 20% each), that the reform of the facades (around 7%).

Table 1. Comparison of simulation results

	HULC		ECOTECT		REVIT		SEFAIRA		Casanova	
	*	**	*	**	*	**	*	**	*	**
Caso 0	77,59		143		120	0%	165	0%	162	0%
Op. A			36							
Op. B	77,59	0%	38	0%						
Op. C	68,83	11%	36	5%	118	2%	156	5%	142	12%
Op. D	76,4	2%	33	13%	98	18%	122	26%	123	24%
Op. E	60,41	22%	30	21%	91	24%	122	26%	122,8	24%
Op. F	45,88	41%	22	42%	75	38%	109	34%	66,7	59%
*	<u>kW·h/m²·year</u>									
**	<u>% Reduction</u>									

With the study of the necessary costs for each case it can be establish an investment plan based in the energy savings, the compatibility of use with the activity and the investment plan of the building's owner.

6. INTEGRATED DESIGN FOR ENERGY-EFFICIENT HOUSING

In addition to improve the energy efficiency of the building, according with the theories of integrated design, the other objective of the research is to get the most effective way to find the best solutions in building energy efficiency. This strategy aims to promote a more sustainable architecture through early multidisciplinary collaboration, achieving reductions of up to 80% of operating costs (Miotto et al, 2012).

The integrated design includes among others the following features:

- Motivation of participants;
- Prior establishment of measurable goals and project requirements;
- Holistic Business vision with extensive information: site, climate, use, culture, materials, systems;
- Internal coordination of the team work, establishing the direction and aids.
- Multidisciplinary team covering all trades that, in one way or another, are involved;
- Evaluations and simulations of the prototypes from the first sketch in order to take focus on the better solution.

7. CONCLUSIONS AND ACKNOWLEDGMENTS

The following conclusions have been obtained:

- Using the same parameters, there are obtained very different answers depending on the analysis tool used. The differences are both in absolute values and in the type of results that can be obtained.
- There are many differences in each tool or system between the form to input the data and the response received, and in the time spent entering data and the calculation process of the application itself.
- However, as can be seen despite the dispersion of absolute values, the relative values are similar improvement in the tools where these constructive solutions are applied.
- Once the system model is implemented it is very easy to propose a wide range of combinations of improvements over the model.

The procedure suggested for improving the conditions of energy consumption of buildings is, in the first instance, the usage of easier operation tools that can even support the direct import of 3D models from laser scanning tools within the integrated system proposed in this research.

Subsequently, and once channeled the energy solution, it will require a specific modeling using the official simulation tool "HULC", since this introduces data numerically, without modeled complex.

Alongside these simulations the study of the most efficient facilities also arises to improve overall performance and includes calculating the relative cost of each.

The development of this research is conducted within the project "ENE2013-48015-C3-2R" (Integrated system for energy optimization and reduction of building CO² footprint: BIM, indoor mapping and advanced energy technologies UAVs simulation tools) funded by the Ministry of Economy and Competitiveness and executed by the Geotechnologies group applied - University of Vigo, the Technology group information for scanning and 3D

modeling in engineering and architecture - University of Salamanca and the Intervention group in the heritage and sustainable architecture - University of Alcala.

REFERENCES

- Celis, F., Escorcía, O., Díaz, M., García, R., Echeverría, E., 2012, "Incidence of form and envelope in thermal behaviour of dwellings in the Centre-South of Chile", *Hábitat Sustentable*, N.2, vol 2, pag 19-33, ISSN 0719-0700.
- CTE, 2006, "Codigo TEcnico de la Edificacion" Real Decreto nº 314 de 17 abri de 2006. *Ministerio de la Vivienda*. España. Last versión 26/07/2016.
- Da Casa, F., 2.000, Adecuación boclimática en la subregión de Madrid, para el diseño de los edificios y sus elementos constructivos *Tesis Doctoral*, Madrid, ETSAM. UPM.
- Fernández-Hernández, J., González-Aguilera, D., Rodríguez-Gonzálvez, P., Juan, M. 2012, *A new trend for reverse engineering: robotized aerial system for spatial information management*, Applied Mechanics and Materials, 152, 1785-1790.
- GSA, 2009, GSA BIM Guide For Energy Performance, version 1.0. vol. 5 <http://www.gsa.gov/bim>: U.S. General Services Administration (GSA).
- Huber D., Akinci B., Adan A., Anil E., Okorn B., Xiong X., 2011, Methods for automatically modeling and representing as-built Building Information Models, *Proceedings of 2011 NSF Engineering Research and Innovation Conference*, Atlanta, Georgia
- Lagüela, S., Díaz-Vilariño, L., Martínez, J., Armesto, J., 2013. Automatic thermographic and RGB texture of as-built BIM for energy rehabilitation purposes, *Automation in Construction*, 31, 230-240.
- Miotto, U.; García, R.; Escorcía, O.; Trebilcock, M.; Celis, F., 2012, Integrated Design for the development of energy efficient housing in Chile: threading abilities. *Habitat Sustentable*, Vol 1, N1, ISSN: 0719-0700. Pags 2-16.
- Raheem, A., Issa, R., Albina, S., 2011, Environmental performance analysis of a single family house using BIM, in *Proceedings in Congress on Computing in Civil Engineering*, pp. 842-849.
- Vanlande, R., Nicolle, C., Cruz, C. 2008, IFC and building lifecycle management, *Automation in Construction*, 18, 70-78.
- Wang, C., Peng, Y., Cho, Y., Li, H. 2011, As-built residential building information collection and modeling methods for energy analysis, *28th International Symposium on Automation and Robotics in Construction*, Seoul, Korea, June.
- WWF, 2012, Retos y oportunidades de financiación para la rehabilitación energética de viviendas en España, disponible en: <http://www.wwf.es/?20627/WWF-propone-la-rehabilitacin-energica-de-ms-de-tres-millones-de-viviendas-para-reducir-las-emisiones-de-CO2>.



A influência da inércia térmica nas paredes externas em clima quente: uma revisão sistemática

Auriele Mazzer Marques Silva

Universidade Federal de Mato Grosso, Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia, Cuiabá (MT), Brasil

aurielemazzer@gmail.com

Ivan Julio Apolonio Callejas

Universidade Federal de Mato Grosso, Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia, Cuiabá (MT), Brasil

ivancallejas@ig.com.br

Luciane Cleonice Durante

Universidade Federal de Mato Grosso, Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia, Cuiabá (MT), Brasil

luciane.durante@hotmail.com

RESUMO: Conhecer as propriedades térmicas dos materiais de construção é um requisito para obtenção de condições adequadas de conforto térmico e para a otimização do desempenho das edificações, seja na operação dos recursos passivos ou ativos nela implantados. A inercia térmica é uma propriedade que descreve como o material se comporta termicamente quanto às transferências de calor e à capacidade térmica volumétrica. Este trabalho tem como objetivo investigar a abordagem dos trabalhos científicos realizados nos últimos 15 anos referentes à inercia térmica e sua influência em projetos bioclimáticos. A metodologia adotada apoia-se nos pressupostos da revisão sistemática, utilizando como banco de dados os portais de periódicos Capes e Science Direct. As buscas foram realizadas com as palavras-chave “Inércia Térmica”, no período de 01/01/2010 a 01/11/2015, “Influência da Inércia Térmica”, sem data determinada para busca e “Thermal Inertia Influence and Bioclimatic Design”, no período do ano 2000 até 01/11/2015, todos sem critérios de exclusão. Foram encontrados 163 artigos e selecionados 19, que se relacionavam diretamente com a temática da pesquisa. As pesquisas apontam para uma espessura mínima ótima das paredes com vistas ao melhor aproveitamento dos benefícios da inercia térmica. Dentre as considerações, percebe-se que muitos trabalhos têm como objetivo a reabilitação de edifícios com propostas de envelopamento e revestimento para minimização dos ganhos térmicos e melhoria da eficiência energética. No entanto, ainda são incipientes as pesquisas que exploram as características que devem ser consideradas na especificação de painéis de fechamento, de acordo com o clima da região, com vistas ao melhor desempenho térmico.

Palavras-Chave Desempenho térmico. Conforto Térmico. Projeto Bioclimático.

1. INTRODUÇÃO

Considerando os critérios de sustentabilidade e de eficiência energética que vêm sendo exigidos das edificações pelos órgãos regulamentadores globais, o setor da construção civil tem sido forçado a repensar sua maneira de projetar e construir os edifícios. Tem se exigido, cada vez mais dos projetos, menor consumo de energia com a manutenção dos níveis de conforto térmico requeridos, o que pode ser alcançado por meio da adoção de estratégias passivas. Dentre essas estratégias, a inércia térmica mostra-se relevante, pois pode definir o comportamento térmico da construção.

Existem duas propriedades dos materiais de construção relacionadas à inércia térmica: como difundem a energia térmica (difusividade), e quanto a acumulam (efusividade). Ambas dependem da condutividade térmica (λ), da massa específica (ρ) e do calor específico (c) do material (Corbella; Yannas, 2003). Em climas com grande amplitude térmica, a utilização adequada da inércia térmica na envoltória dos edifícios permite atenuar o impacto da variabilidade do clima na temperatura operativa interior, contribuindo para a redução do uso de energia para aquecimento e arrefecimento.

Define-se calor específico volumétrico (μ) como o calor fornecido a um volume unitário de material para aumentar sua temperatura de uma unidade, expresso pelo produto do calor específico pela massa específica (Corbella; Yannas, 2003). Se o quociente λ/μ for elevado, o material é bom condutor e precisa de pouco calor para variar sua temperatura e, então, a energia térmica se difunde rapidamente, dizendo-se que possui elevada difusividade. Conceitualmente, a difusividade é proporcional à velocidade de propagação da onda de temperatura no interior de uma parede ou teto. A difusividade térmica ($a = \lambda / \rho C_p$ (m^2/s)) é a propriedade do material que mostra a sua capacidade de sofrer variações de temperatura de transferência. Aumenta com a condutividade térmica e diminui com a capacidade térmica, sendo este efeito de interesse para paredes externas em contato direto com a condição do tempo exterior, chamada de inércia de transmissão. Painéis com grande difusividade são mais indicados para climas frios que permitem que a temperatura externa passe para o ambiente interno mais rapidamente, são painéis leves.

A efusividade térmica ($b = \sqrt{\lambda * \rho C_p}$ ($J/m^2 K s$)^{1/2}) é a capacidade de um material para absorver ou restituir um fluxo de calor ou potência térmica. Painéis com grande efusividade absorvem muita energia e tem maior tempo de defasagem para restituir esse ganho térmico para o ambiente interno, assim permitindo menores amplitudes térmicas no interior dos ambientes (González Cruz, 2003).

Os materiais podem ter a mesma difusividade, como o granito e a lã mineral e, no entanto efusividades diferentes, ou seja, comportam-se de forma distinta frente às variações de temperatura por meio da propriedade da inércia térmica.

Diante deste contexto, o objetivo deste estudo é investigar a abordagem dos trabalhos científicos referentes à influência da inércia térmica na edificação, utilizando-se dos pressupostos da revisão sistemática. Como objetivos específicos apresentam-se: a) identificar a relação das tipologias de paredes aos climas dos locais de estudo e b) explorar como as propriedades térmicas dos materiais podem minimizar os ganhos de calor para as edificações conforme clima em que estão localizadas.

2. MATERIAL E MÉTODO

Este trabalho emprega o método de revisão sistemática, na qual se aplicam estratégias científicas que permitem limitar o viés de seleção de artigos, avaliá-los com espírito crítico e sintetizar todos os estudos relevantes em um tópico específico (Perissé; Gomes; Nogueira,

2001 apud Botelho, 2011). A abordagem sistemática é diferente das revisões bibliográficas narrativas, pois essa abordagem possui uma sequência de etapas pré-definidas, em que a metodologia é especificada com técnicas padronizadas e passíveis de reprodução (Evans; Pearsons, 2001).

Os bancos de dados escolhidos foram o Portal de Periódicos Capes e Portal Science Direct, buscando os seguintes descritores e temporalidade: “inércia térmica”, considerando as publicações de 2010 a 01/11/2015; “influência da inércia térmica”, sem data determinada e “thermal inertia influence and bioclimatic design”, de 2000 a 01/11/2015. A seleção dos trabalhos se deu a partir da leitura dos títulos, resumos e inteiro teor, de forma sequencial, pelo reconhecimento de seu enquadramento aos temas de interesse. Neste artigo, optou-se por abordar como resultados as informações contidas nos trabalhos que atenderam a todos os critérios acima descritos, tratando-se, portanto, de um recorte.

No Portal de Periódicos da Capes foram encontrados trabalhos com os dois primeiros descritores apenas e no Portal Science Direct, apenas com o último. O Portal de Periódicos da Capes, com o descritor “inércia térmica”, possui 30 publicações, das quais duas foram selecionadas e com o descritor “influência da inércia térmica”, foi selecionado um trabalho dentre 8 publicações existentes. No Portal Science Direct, com o descritor “thermal inertia influence and bioclimatic design” foram encontrados 125 trabalhos, dos quais seis foram selecionados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os trabalhos selecionados retratam a preocupação com a adequação dos materiais da envoltória ao clima dos locais onde as edificações se inserem e, com a abordagem da inércia térmica como recurso para obtenção de condições de conforto térmico por meios passivos no interior das edificações. Dos 163 títulos encontrados nos sistemas de busca, nove foram selecionados para o estudo e identificados em termos de autor, tipo, país e ano da publicação e de seu título (Tab. 1).

Granja (2002) descreve o fenômeno da inércia térmica em fechamentos opacos de concreto em edificações na cidade de Campinas, SP, onde a média anual da temperatura e umidade é de 20,7°C e 71%, respectivamente, com invernos secos e amenos e verões chuvosos. Discute que os fechamentos opacos têm sido concebidos com base na transmitância térmica total sob regime permanente, o que não contempla os aspectos dinâmicos do comportamento da onda térmica. Portanto, dois fechamentos com mesma transmitância podem ter desempenhos termoenergéticos diferentes.

Determinou a espessura ideal de isolante térmico para atenuar os picos máximos e mínimos de carga térmica de paredes de concreto. Para isolamento de painéis simples de concreto, denominados painéis IC (isolante-concreto), a espessura ideal do isolante situou-se de 50% a 60% da espessura do painel, limitando-se em 5 cm, pois maiores espessuras não trazem benefícios térmico e energéticos significativos, além de serem antieconômicas. Para isolamento de painéis compostos de concreto com câmara de ar, denominados CAC (concreto - câmara de ar - concreto), a espessura mínima da placa de concreto em contato com o ar externo deve ser de 10cm (obedecendo exigências estruturais), o que garante melhor desempenho em termos de eficiência energética devido a maior atenuação das amplitudes da curva de densidade de fluxo de calor.

Como conclusões Granja (2002) obteve que, (i) a influência da absorvância adquire maior importância em fechamentos opacos com menor inércia térmica, para o modelo de transmissão de calor em regime periódico; (ii) o efeito da cor da superfície externa do fechamento na onda térmica é inversamente proporcional à sua resistência e à sua capacidade volumétrica, (iii) a espessura e a massa específica aparente exercem grandes

influências na variação da temperatura superficial interna de fechamentos homogêneos e (iv) os benefícios da inércia térmica são potencializados em locais onde há flutuação diária da temperatura externa, uma vez que, neste caso, há a inversão do fluxo térmico.

Tabela 1 – Identificação dos trabalhos selecionados

PERÍÓ-DICO	AUTORES	TIPO	PAÍS	ANO	TÍTULO
Capes	HEATHCOTE, K.	Artigo	Austrália	2011	The thermal performance of earth buildings
	DUARTE, F. M. S. R. F.	Dissertação	Portugal	2013	Contributo para o estudo de um patamar mínimo de inércia térmica em edifícios em reabilitação
	GRANJA, A.D.	Tese	Brasil	2002	Transmissão de calor em regime periódico: efeito da inercia térmica em fechamentos opacos
Science Direct	KONTOLEON, K. J. BIKAS, D. K.	Artigo	Grécia	2007	The effect of south wall's outdoor absorption coefficient on time lag, decrement factor and temperature variations
	SAMBOU, V.; LARTIGUE, B.; MONCHOUX, F.; ADJ, M.	Artigo	Franca	2009	Thermal optimization of multilayered walls using genetic algorithms
	MAVROMATIDIS, L.E.; MANKIBI, M.; MICHEL, P.; SANTAMOURIS, M.	Artigo	Grécia	2012	Numerical estimation of time lags and decrement factors for wall complexes including Multilayer Thermal Insulation, in two different climatic zones
	GIANCOLA, E.; SOUTULLO, S.; OLMEDO, R.; HERAS, M.R.	Artigo	Espanha	2014	Evaluating rehabilitation of the social housing envelope: Experimental assessment of thermal indoor improvements during actual operating conditions in dry hot climate, a case study
	TONELLI, C.; GRIMAUDDO, M.	Artigo	Roma	2014	Timber buildings and thermal inertia: Open scientific problems for summer behavior in Mediterranean climate
	MARINCIC, I; OCHOA, J.M.; ALPUCHE, M.G.; GONZÁLEZ, I.	Artigo	México	2014	Comparative Analysis of the Thermal Behavior between Cellular Concrete Blocks and Stabilized Earth Blocks as Wall Materials

A inércia térmica em paredes de adobe foi estudada por Heathcote (2011) para o clima mediterrâneo de Sydney, Austrália, cujas temperaturas variam anualmente de 16 a 26°C, com umidade média anual de 65%. Quanto mais espessas, menor a amplitude térmica no interior da edificação, recomendando a espessura mínima de 450mm para maior atenuação do fluxo de calor de fora para dentro dos ambientes.

Almeida (2012) estudou o comportamento de paredes sem a incidência de luz solar (Parede 1) e com incidência desta (Parede 2) para a Casa Termicamente Otimizada (CTO), na cidade do Porto, Portugal, cujo clima é úmido durante o ano todo, com temperatura média no inverno e verão de cerca de 14 e 25°C, respectivamente. Cinco composições diferentes foram analisadas: granito, tijolo maciço, tijolo maciço duplo com 5cm de câmara de ar e madeira, com espessuras finais variando de 5 a 40cm, todos testados com e sem revestimento de ambos os lados.

Para cada material existe uma espessura ótima, para além da qual o calor armazenado diminui ou se mantém constante. Para a Parede 1, com revestimento de ambos os lados, as espessuras são granito (20cm), concreto (15cm), tijolo simples (25cm), tijolo duplo (25cm) e madeira (8cm). Para a Parede 1 sem revestimento, as espessuras ótimas são: granito (20cm), concreto (20cm), tijolo simples (20cm), tijolo duplo (20cm) e madeira (10cm). Para

a Parede 2, tem-se que, com revestimento, as espessuras ótimas são: granito (20cm), concreto (15cm), tijolo simples (20cm), tijolo duplo (20cm) e madeira (8cm). Sem revestimento são: granito (25cm), concreto (20cm), tijolo simples (20cm), tijolo duplo (20cm) e madeira (10cm). O autor aponta que a Parede 2 possui maior calor armazenado e, portanto, quanto maior for o produto de $\lambda \cdot \rho \cdot c$ (condutividade térmica, densidade e calor específico) maior é sua capacidade térmica. Os melhores materiais foram o granito, o concreto e a madeira, com produto $\lambda \cdot \rho \cdot c$ de $6,86 \times 10^6$, $3,60 \times 10^6$ e $0,31 \times 10^6$, respectivamente.

Duarte (2013) estudou o comportamento térmico da vedação externa de um ambiente, composta por reboco, concreto (leve, padrão e pesado), poliestireno expandido (EPS) e gesso acartonado na região do Porto, em Portugal. A radiação solar global, durante a estação de aquecimento, apresenta valores médios de 100W/m^2 e máximos de 890W/m^2 . O autor afirma que, quanto maior a inércia térmica, menor a defasagem temporal verificada entre as orientações e a orientação Sul é a única que garante uma variação da temperatura operativa dentro do intervalo de conforto térmico.

Este autor descreve que a variação do material da envoltória mostra que o aumento de densidade reduz a variação da temperatura operativa interior, para o clima da cidade do Porto. A utilização de tipos de material com diferentes densidades permitiu definir uma espessura, para o intervalo de 10-15 cm, para além da qual o efeito da inércia resulta numa variação pouco significativa da temperatura operativa.

Quando comparado o efeito do aumento da densidade com o aumento de espessura, para a mesma inércia térmica resultante, comprovou-se que o aumento de densidade garante uma maior redução da amplitude térmica interior. E ainda se verificou uma redução da defasagem dos picos de temperatura com o aumento da inércia. O aumento da área exposta para as quatro orientações garante a redução da variação da temperatura operativa, pois o aumento da área das superfícies massivas verifica um aumento significativo na capacidade de armazenar calor.

Assim, quando comparado o efeito entre o aumento da área ou o aumento da espessura, para o mesmo valor resultante de inércia térmica, o aumento da área revela uma maior redução da amplitude térmica, com manutenção de calor armazenado no interior do edifício. Contudo, a análise para os dias característicos sem radiação mostra que, para um dia encoberto com uma reduzida amplitude térmica, o aumento da inércia resulta numa diminuição pouco significativa da amplitude da temperatura operativa e, melhorias pouco significativas no conforto térmico interior. O comportamento térmico do espaço mostrou-se também praticamente independente da orientação do espaço para estes dias.

Kontoleon e Bikas (2007) estudou o efeito da absorvidade no intervalo de tempo, fator de amortecimento e variações de temperatura para paredes de tijolo orientadas para o Sul, durante o período de inverno e em condições ambientais naturais na região do Mediterrâneo, na Grécia. Como resultado foi demonstrado que a absorvidade solar tem um efeito significativo sobre o atraso e amplitude térmica. Tratou de paredes simples de alvenaria com tijolo cerâmico de 18cm de espessura e paredes duplas com tijolo de 9 cm com câmara de ar de variando de 4 e 2cm. Este autor aconselha uma cor reflexiva (pintura branco ou claro) para a parede exterior, considerada como uma estratégia eficiente para minimizar os ganhos térmicos no interior do ambiente durante o verão. A maior eficiência no atraso da temperatura externa para a interna é alcançada através da colocação de uma camada de isolamento (câmara de ar) na superfície exterior e outra dentro da alvenaria.

Sambou et al. (2009) definiu a composição ideal da envoltória de um edifício buscando otimizar simultaneamente o isolamento térmico e a inércia térmica para o clima da França, utilizando paredes feitas com várias camadas paralelas de material isotrópico homogêneo com 0,40m de espessura total (L). O autor mostra que as composições ótimas de paredes são com a disposição da camada maciça na face interior e a camada de isolamento na

exterior. O resultado obtido em seu estudo é que a espessura ótima da camada maciça interior é $L/4$ e chega a quatro composições ótimas de parede, com duas a três camadas compostas por concreto pesado, material isolante e madeira, com variações nas espessuras e com a camada maciça sempre na extremidade interna da envoltória.

Um fator importante que influencia o desempenho do isolamento térmico de uma parede é a amplitude da onda de calor sobre a superfície exterior da parede. Mavromatidis et al. (2012) mostram que a diminuição da amplitude da onda de calor depende da composição da parede e a sua espessura. Os autores estudaram o material de Isolamento Térmico Multicamada (MTI) para uma parede localizada em Atenas, Grécia e em Yerevan, Armênia. A parede analisada tem a configuração de camadas de fora para dentro do ambiente composta por concreto (espessura 8cm), lã de vidro (espessura 5cm), câmara de ar (espessura 3cm), MTI (espessura 2cm), câmara de ar (espessura 3cm) e madeira (espessura 2cm). O estudo mostrou que o comportamento da parede nas orientações Norte, Sul e Leste tem valores de atraso térmico máximo e mínimo distantes um do outro. De acordo com a literatura isto acontece porque a temperatura externa do ar não é senoidal. Para a orientação Oeste os valores de atraso térmico máximo e mínimo não apresentaram diferenças significativas.

Giancola et al. (2014) fez o retrofit de dois edifícios localizados em Madri, Espanha, propondo envelopamentos diferentes para analisar os ganhos térmicos (Fig. 1). As paredes verticais variaram substancialmente o coeficiente global de transferência de calor com perdas térmicas significativas. O estudo mostrou a melhoria térmica produzida no interior dos apartamentos, como resultado da renovação do envelope do edifício devido aos balanços térmicos entre interior e exterior, durante os meses de verão.

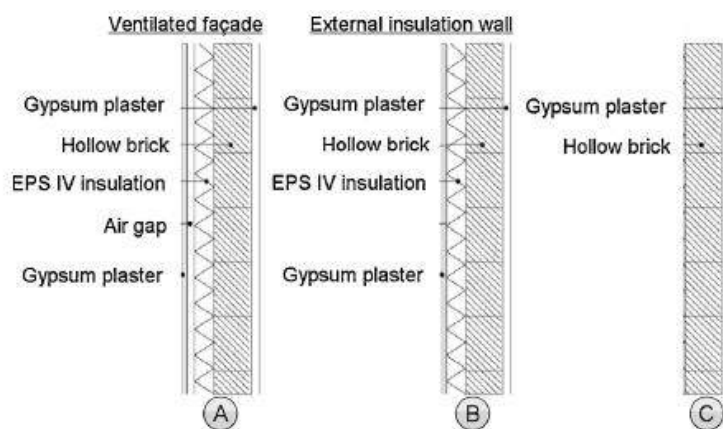


Figura 1. Seção da parede no Retrofit (a) e (b) e c) e Seção da parede existente. Fonte: Giancola et al. 2014

Em locais onde o clima apresenta invernos quentes e verões quentes, tal qual o mediterrânico, as casas com melhor desempenho são casas pesadas (com grande inércia térmica). Paredes de pedra ou alvenaria com massas térmicas pesadas garantem o conforto de inverno e absorvem as cargas térmicas no verão (Tonelli; Grimaudo, 2014). Nesse clima, a contribuição das camadas internas em contato direto com o ar interior representa um elemento amortecedor importante para as diferenças de temperatura interna, enquanto as soluções leves ou aquelas sem massa térmica interna podem, em períodos de transição, requerer mais energia para manter condições de conforto térmico. Assim, Tonelli e Grimaud (2014) apresentaram um modelo de edifício em madeira pré-fabricada com uma camada interna de massa de alta inercia térmica como uma solução para que construções leves pudessem atender as condições de conforto no verão do clima mediterrâneo.

Marincic et al. (2014) analisaram o comportamento térmico de um painel composto de dois materiais diferentes, uma parte com blocos de concreto celular e outra com blocos de terra estabilizada, ambos com 15cm de espessura, revestidos externamente com argamassa de cimento e areia e gesso, pintado com cor clara e sem revestimento interno. O painel de vedação monitorado fazia parte de uma casa de baixo custo construída para demonstração e fins experimentais para a região Noroeste do México.

A parte da parede feita de blocos de concreto celular apresentou mais oscilação das temperaturas superficiais externas do que a parte com blocos de terra. Nas superfícies internas, ambas as temperaturas foram muito semelhantes. Apesar das diferentes propriedades térmicas dos materiais, eles têm coeficiente de difusividade semelhante, e, assim, considerando as temperaturas de ar externas e internas (não superficial), têm um comportamento semelhante, considerando a transferência de calor dependente do tempo.

Em climas quentes e secos, uma combinação de baixa condutibilidade térmica e elevada massa térmica é uma boa estratégia de envelopamento da construção para a minimização da utilização de condicionamento artificial (Marincic et al. 2014). O mesmo autor diz que em tais climas, é necessário evitar, tanto quanto possível, as cargas térmicas, a fim de facilitar o arrefecimento radioativo durante as 6

Em consonância com os objetivos propostos neste artigo, consolidam-se os resultados em termos das tipologias de paredes e os efeitos relacionados à inércia térmica (Tab. 2).

Tabela 2 –Tipologias de paredes e efeitos da inércia térmica relacionados ao clima

Clima	Tipologia e Características	Efeitos relacionados à inércia térmica	
- invernos secos e amenos - verões chuvosos	Concreto Painel simples IC (isolante + concreto)	Espeçsura ideal do isolante de 50% a 60% da espessura do painel, limitando-se em 5 cm	Para fechamentos opacos, em regime periódico: - a influência da absorção é maior quando a inércia térmica é baixa. - a absorção produz efeito inversamente proporcional à resistência e à capacidade volumétrica. - espessura e a massa específica aparente influenciam fortemente na variação da temperatura superficial interna de fechamentos homogêneos.
	Concreto Painéis compostos CAC (concreto + câmara de ar + concreto)	Espeçsura mínima da placa de concreto em contato com o ar externo de 10cm	- quando a amplitude da temperatura externa é grande, ocorre inversão do fluxo térmico na parede e a temperatura interna se mantém mais estável.
- clima mediterrâneo com amplitude térmica anual de 16 a 26°C e umidade média anual de 65%	Parede de Adobe	Espeçsura mínima de 450mm	A atenuação do fluxo de calor de fora para dentro dos ambientes é maior quanto maior a espessura das paredes proporcionando menor amplitude térmica no interior da edificação.

Continuação Tabela 2

Clima	Tipologia e Características		Efeitos relacionados à inércia térmica
			<p>Espessuras ótimas das paredes sem a incidência de luz solar:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Com revestimento: granito (20cm), concreto (15cm), tijolo simples (25cm), tijolo duplo (25cm) e madeira (8cm). - Sem revestimento: granito (20cm), concreto (20cm), tijolo simples (20cm), tijolo duplo (20cm) e madeira (10cm).
- climas úmidos, amplitude térmica anual de 14 e 25°C	Granito; tijolo maciço; tijolo maciço duplo com 5cm de câmara de ar; madeira.		<p>Espessuras ótimas das paredes com a incidência de luz solar:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Com revestimento: granito (20cm), concreto (15cm), tijolo simples (20cm), tijolo duplo (20cm) e madeira (8cm). - Sem revestimento: granito (25cm), concreto (20cm), tijolo simples (20cm), tijolo duplo (20cm) e madeira (10cm).
	Reboco, concreto (leve, padrão e pesado), poliestireno expandido (EPS) e gesso acartonado.	Espessura ideal de 10 a 15 cm.	<p>Melhores materiais: granito, concreto e madeira, com produto $\lambda \cdot \rho \cdot c$ de 6,86x10⁶, 3,60x10⁶ e 0,31x10⁶, respectivamente</p> <p>O aumento de densidade reduz a variação da temperatura operativa interior e o aumento da área exposta garante a redução da variação da temperatura operativa.</p>
- períodos de inverno no Mediterrâneo	Parede de tijolo cerâmico Orientação Sul e pintura reflexiva (branco ou claro)	<p>Paredes simples: tijolo de 18cm de espessura;</p> <p>Paredes duplas: tijolo de 9 cm com câmara de ar de 4 e 2cm.</p>	A absorvidade solar tem um efeito significativo sobre o atraso e amplitude térmica. Maior eficiência no atraso da temperatura externa para a interna é obtido através de uma camada de isolamento (câmara de ar) na superfície exterior e outra dentro da alvenaria.
- Climas da Grécia e Arménia	Material de Isolamento Térmico Multicamada (MTI)	Concreto (esp. 8cm), lã de vidro (esp. 5cm), câmara de ar (espessura 3cm), MTI (esp. 2cm), câmara de ar (esp. 3cm), madeira (esp. 2cm).	A amplitude da onda de calor sobre a superfície exterior da parede influencia o desempenho do isolamento térmico, dependendo da composição da parede e a sua espessura. Para temperatura externa não senoidal (orientações Norte, Sul e Leste) os valores de atraso térmico máximo e mínimo diferem um do outro. E para a orientação Oeste não apresentaram diferenças significativas.
- Clima da França	Parede composta por duas a três camadas de concreto pesado, material isolante e madeira, com 40cm de espessura	Espessura ótima da camada maciça interior é L/4	Para otimizar simultaneamente o isolamento térmico e a inércia térmica a disposição da camada maciça deve estar na face interior e a camada de isolamento na face exterior.

Continuação Tabela 2

Clima	Tipologia e Características		Efeitos relacionados à inércia térmica
- Clima de Madri, Espanha, no verão	Parede de tijolo furado, EPS e câmara de ar com revestimento de gesso na camada interior e exterior	Não especificada a espessura ótima	Melhoria térmica produzida no interior dos ambientes, como resultado da inserção de EPS e câmara de ar nas paredes externas do edifício devido aos balanços térmicos entre interior e exterior.
- clima com invernos quentes e verões quentes	Parede de pedra e alvenaria	Paredes pesadas	As casas com melhor desempenho térmico são as com grande inércia térmica, que garantem o conforto de inverno e absorvem as cargas térmicas no verão.
- clima do México, quente e seco	Bloco de concreto celular Bloco de terra estabilizada	Espessura de 15 cm revestidos externamente com argamassa de cimento e areia e gesso, pintados com cor clara e sem revestimento interno	Para minimizar a utilização de condicionamento artificial combinar baixa condutibilidade térmica e elevada massa térmica. Para facilitar o arrefecimento radioativo durante as noites, reduzir as variações diárias de temperatura e aumentar o atraso térmico deve-se evitar as cargas térmicas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ainda que a partir de diferentes abordagens teórico-metodológicas, nota-se que as pesquisas apontam para uma espessura mínima ótima das paredes para aproveitar melhor os benefícios da inércia térmica e, conseqüente, proporcionar conforto térmico no interior dos ambientes. Percebe-se que os trabalhos têm como objetivo a reabilitação de edifícios com propostas de envelopamento e revestimento para menores ganhos térmicos e eficiência energética das edificações. No entanto, faltam pesquisas que explorem qual o fechamento mais adequado ao clima determinado, principalmente, para o zoneamento bioclimático brasileiro.

Para climas quentes, o efeito da massa térmica das paredes externas na diminuição da amplitude térmica do interior cresce com a amplitude térmica do clima. Soluções construtivas que utilizam materiais leves, como o gesso cartonado, diminuem de forma acentuada a capacidade da parede em armazenar calor. Como resultado, a radiação solar incidente na parede é quase instantaneamente restituída para o ambiente. Para cada material existe uma espessura ótima, para além da qual o calor armazenado diminui ou se mantém constante.

Em climas frios, a amplitude da temperatura operativa interior é reduzida de forma mais significativa através do aumento da área da envoltória do que através do aumento de sua espessura ou massa volumétrica de seu material. A variação da massa térmica mostra que a influência da inércia térmica tem maior efeito no comportamento térmico interior para superfícies que recebem radiação solar direta. Para um maior isolamento térmico do ambiente a camada do painel maciça e com alta inércia térmica deve localizar-se na extremidade em contato com o ar externo e a camada de isolamento deve ser posicionada na face interna do ambiente.

Percebe-se que, dos trabalhos selecionados, apenas um é do Brasil, indicando que muitas pesquisas ainda podem ser demandadas a respeito da inércia térmica no país, sobretudo no que se refere à adequada especificação do material considerando conceitos de massa

térmica, atraso e amplitude para as especificidades dos climas. Neste contexto e considerando a cidade de Cuiabá-MT, com duas estações climáticas, bem definidas (quente seco e quente úmido) recomenda-se para trabalhos futuros a pesquisa para identificar o desempenho dos materiais construtivos paredes e coberturas frente às variações de inércia.

REFERENCIAS

- Almeida, M.M.G. 2012. *Caracterização da Inercia de Paredes Maciças*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Térmica, Faculdade de Engenharia do Porto, Porto, Portugal.
- Botelho, L.L.R. Cunha, C.C.A. Macedo, M. 2011. O Método da Revisão Integrativa nos Estudos Organizacionais. *Revista Eletrônica Gestão e Sociedade* 5(11): 121-136.
- Corbella, O.; Yannas, S. 2003. Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos – conforto ambiental. Rio de Janeiro: Ed. Revan. 2003.
- Duarte, F.M.S.R.F. 2013. *Contributo para o estudo de um patamar mínimo de inércia térmica em edifícios em reabilitação*. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal.
- González Cruz, E.M. 2003. *Selección de materiales en la concepción arquitectónica bioclimática*. Instituto de investigaciones de la Facultad de Arquitectura y Diseño, Universidad de Zulia. Maracaibo, Venezuela.
- Evans, D.; Pearson, A. 2001. Systematic reviews: gatekeepers of nursing knowledge. *Journal of Clinical Nursing* 10(5): 593–599.
- Giancola, E.; Soutullo, S.; Olmedo, R.; Heras, M.R. 2014. Evaluating rehabilitation of the social housing envelope: Experimental assessment of thermal indoor improvements during actual operating conditions in dry hot climate. A case study. *Energy and Buildings* 75: 264-271.
- Granja, A.D. 2002. *Transmissão de calor em regime periódico: efeito da inercia térmica em fechamentos opacos*. Tese de Doutorado em Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Sao Paulo.
- Heathcote, K. 2011. The thermal performance of earth buildings. *Informes de la Construccion* 63(523): 117-126.
- Kontoleon, K.J.; Bikas, D.K. 2007. The effect of south wall's outdoor absorption coefficient on time lag, decrement factor and temperature variations. *Energy and Buildings* 39: 1011-1018.
- Marincic, I.; Ochoa, J.M.; Alpuche, M.G.; González, I. 2014. Comparative Analysis of the thermal behavior between cellular concrete blocks and stabilized earth blocks as wall materials. *Energy Procedia* 57: 1783-1791.
- Mavromatidis, L.E.; Mankibi, M.; Michel, P.; Santamouris, M. Numerical estimation of time lags and decrement factors for wall complexes including Multilayer Thermal Insulation, in two different climatic zones. Elsevier -Energy and Buildings Vol. 92, 480-491, 2012.
- Sambou, V.; Lartigue, B.; Monchoux, F.; Adj, M. 2009. Thermal optimization of multilayered walls using genetic algorithms. *Energy and Buildings* 41: 1031-1036.
- Tonelli, C.; Grimaudo, M. 2014. Timber buildings and thermal inertia: Open scientific problems for summer behavior in Mediterranean climate. *Energy and Buildings* 83: 89-95.



Analysis of the acoustic, thermal and luminous performance at the Instituto Federal de Minas Gerais (Federal Institute of Minas Gerais) – Santa Luzia

Luana Nolasco Rizzi Leles Ribeiro

Instituto Federal de Minas Gerais, Santa Luzia (MG), Brasil

lulu_rizzi@hotmail.com

Fernanda Fonseca de Melo Coelho

Instituto Federal de Minas Gerais, Santa Luzia (MG), Brasil

fernanda.coelho@ifmg.edu.br

Wemerton Luis Evangelísta

Instituto Federal de Minas Gerais, Santa Luzia (MG), Brasil

wemerton.evangelista@ifmg.edu.br

ABSTRACT: The architect João Filgueiras Lima participated in the 1990s, in the project known as the *Centro de Atenção Integral à Criança e ao Adolescente (CIACs)* (Integral Care Center for Children and Adolescents), where he designed buildings taking into account his concern with environmental comfort. Currently the campus of the *Instituto Federal of Minas Gerais- Santa Luzia* (Federal Institute of Minas Gerais- Santa Luzia), occupies some of these buildings. Despite the architect's concern with environmental comfort, the campus employees report dissatisfaction with the thermal, luminous and anthropometric comfort inside the buildings. Thus, this project aims to study and understand such issues by using as a method the application of questionnaires and measurements with the decibel meter, light meter, anemometer equipment and WBGT on the institution's work environments. Twenty environments are being analyzed. The analysis of the teacher's lounge is presented in this document, where measurements are compared to rates established by the norms relevant to this work. The lighting of this environment is inadequate and the thermal comfort exceeds the rates (WBGT) recommended for such an environment. But the level of noise and the wind speed are in accordance with the norms. Anthropometric measurements have not yet been done and the results presented are consistent with the measurements done during the seasons of summer and autumn of 2016.

Keywords *Environmental comfort, ergonomics, Sustainability, well-being, building, workstation.*

1. INTRODUCTION

The buildings, now occupied by the Instituto Federal de Minas Gerais, in the city of Santa Luzia, were designed as part of "*Minha Gente*" (My People) program created by President Fernando Collor de Melo, in the 1990s. These buildings should house the CAIC's project (*Centro de Atenção Integral à Criança e o Adolescente*) [Integral Care Center for Children and Adolescents], inspired by the models of the *Centros Integrados de Educação Pública* (Integrated Public Education Centers) (CIEPS), Brizola's government brand. It aimed to provide integral care to children and adolescents with day cares, preschools, elementary schools and high schools, medical and dental care and community sports and coexistence (Galter, 2014).

The initial goal consisted in constructing 5,000 schools of integral functionality and to meet such demand, a construction in cramped time and cost was required. The architect João Filgueiras Lima (Lelé) was invited to the project for his knowledge and experience in relation to construction rationalization, modular coordination, fast and low-cost construction and his concern for the environmental comfort, evident in his works for the use of sheds, promoting natural lighting and ventilation. (Goulart, 2014).

The choice of the construction system of reinforced mortar, originally proposed for CAICs, occurred because, Lelé believed that the system should be easily learned by the community, so that the community itself executed the work, employing local people. In a book published by the MEC / CEDATE (*Ministerio de Educação e Cultura; e Centro de Desenvolvimento e Apoio Técnico à Educação*) (Ministry of Education and Culture, and Center of Development and Technical Support for Education) in 1984, Lelé said that the reinforced mortar model is economical, provides better control on the environmental comfort, resistance, durability, little maintenance cost, and the increase in the use of raw materials and local labor and of surrounding regions. Also, it doesn't require skilled labor and its executed in a short period of time. (Lima, 2004).

The instruction for the schools' construction was that the main framework would be in the North-South direction, so that the most long linear facades were facing this direction. The protection against insolation and rain of the north facade was resolved with large overhangs. The sheds should allow permanent cross ventilation (Latorraca, 2014). The orientation of the sheds would be aligned with the main facades, but not always did this orientation correspond to the direction of prevailing winds, preventing the effectiveness of this solution for cross ventilation.

Lelé, in an interview, said that the project aimed to achieve an average degree of environmental comfort and be extremely economical. According to Lelé, the works were not supervised and there was negligence from the parties involved, which made Lelé resign the project, and may have contributed to Lelé's goals not materializing (Goulart, 2014).

Despite the concerns reported by the author João Filgueiras on the project, the complaints by workers occupying the buildings of the IFMG Campus in Santa Luzia since 2014 are constant. The complaints relate to the conditions of environmental comfort (acoustic, luminous, thermal and anthropometric) at their workstations.

In order to understand the factors that contribute to the situation of discomfort reported by IFMG's staff, this work, by *AET (Análise Ergonômica do Trabalho)* [Ergonomic Analysis of Work] aims to survey the conditions of thermal, luminous, anthropometric and acoustic comfort. Also intends, from the data obtained at a later stage, to propose solutions to improve the ergonomics of the space, from the adequacy of the environment to the needs of the employees, bringing well-being and consequently better performance in the activities performed. The campus operation started in 2014 with the undergraduate course of architecture and the high school integrated with building technician that are held during the day, and the undergraduations in Engineering and interior design, and landscape technician course, held in the evening.

2. INSTRUMENTS AND METHODS

The methodology consisted primarily in the study of the weather of the city of Santa Luzia-MG through the *Atlas de Minas Gerais* of the CEMIG then there were made bibliographical research about the characteristics present in the works of the architect Lelé and his CAIC project, where today the IFMG Campus of Santa Luzia is located.

Later, surveys were done throughout site visits, record of the elements in buildings through photographs, questionnaires applied to IFMG teachers to understand how they feel affected by the local environmental situation. Measurements were made by quantitative means with *IBUTG* equipment (*Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo*) [Humid Bulb Globe Thermometer Index] that assesses exposure to heat; light meter that measures the intensity of light; anemometer used to measure wind speed; and the decibel meter used to measure the sound pressure level. The data were compared with the requirements established by the norms *NBR 5413- Iluminância de Interiores* (Luminosity of Interiors), *NBR 10152- Níveis de Ruído Para Conforto Acústico* (Noise Levels For Acoustic Comfort), *NR 15- Atividades e Operações Insalubres* (Unhealthy Activities and Operations), *NR 17- Ergonomia* (Ergonomics).

3. DATA SURVEY

The measurements with decibel meter, light meter, anemometer and WBGT were made in the institution's operating hours in the morning and afternoon when faced with most complaints from employees regarding the environmental comfort. The first measurement started at 7:30 am, a time when students and teachers are already active in the classrooms. The end of the first measurement took place at the time of 8:50 am. During this interval time, all indoor work of IFMG officials was subjected to data collection of thermal, luminescent, sound and ventilation comfort. There was no measurement outside of the campus. Soon after, measurements were made from 9:30 to 10:10 am, 01:20 to 01:55 pm and 03:30 to 04:30 pm. Measurements' times were determined in accordance with schedule of classes and breaks. Equipment used for data collection remained about 2 minutes on each space for the stabilization of values for the measurements. Surveys, still in progress, will be held in all seasons. Until now measurements were carried out only in two days, one in summer and one in the fall. For a more accurate diagnosis of thermal discomfort situation, more measurements will be required to be held in the next months. In the case of measurements on the acoustic and luminal comfort, because these factors are not so closely tied to weather

conditions, it is believed that from the measurements already performed it can already have a preliminary diagnosis of the comfort conditions. The choice of the measurement day was performed having the criteria of a day with the typical characteristics of the season. The summer measurement was made on March 17, 2016, and the fall one occurred on June 8, 2016. The survey data followed the same criteria of time, place and waiting time for equipment stabilization. On the day chosen for measurement in the summer season, the institution opened at 9 am, therefore, no measurements at the time of 7: 30am.

Questionnaires were administered on the same days of measurements at the time of 03:30 pm to 04: 30 pm, because it is the time that brings most discomfort inside the building, with regard to heat and noise, as reported by employees. The questions addressed all content related to the measurements, in other words, thermal, luminescent and noise comfort, as well as questions relating to clothing, BMI (Body Mass Index) and other issues that may influence the thermal sensation of each user. In addition, the questionnaire's format of closed questions, gave the opportunity for the employees to show their satisfaction with the thermal sensation and noise at the workplace. The intention is to compare the data obtained by means of measurements and of the questionnaire to understand if the data obtained by the measurements is consistent with the employees' accounts.

4. THE INSTITUTO FEDERAL DE MINAS GERAIS (FEDERAL INSTITUTE OF MINAS GERAIS) – SANTA LUZIA CAMPUS



Figure 1. The building implementation and solar orientation and prevailing wind. Source: Adapted by the authors from Google Maps

The image above (Figure 1) shows the buildings of the campus *IFMG- Santa Luzia*. As illustrated, the main facades of the assessed buildings, blocks 1 and 2, are oriented due northwest and southeast.

As previously mentioned, Lelé's original design recommended that in the deployment, the orientation of the facades facing north and south and the sheds facing south allowing cross ventilation would be respected. But, it is important to highlight that each site has a different climate, which may represent different orientations in regard to the solar orientation and in regard to the wind, to better match the weather.

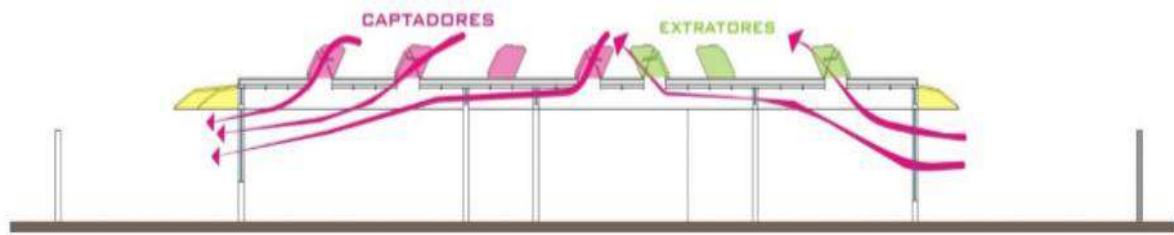


Figure 2. Ventilation scheme naturally BLOCK 1 Source : Goulart, 2014

The greatest frequency of winds for the city of Santa Luzia, according to the Wind Atlas of CEMIG (2010), are the winds of northeast, east and southeast origin, with standard speeds of 1m/s for these directions. The sheds and windows of the main facades have northwest and southeast orientations. To meet the project's objectives of guaranteeing natural ventilation, the project foresaw that the facades with the windows facing the prevailing wind, the entrance being through the window and the air outlet by the shed, as illustrated in Figure 2. Already in environments with openings for the facades opposing the prevailing wind, which do not receive it directly, this should enter the sheds and exit the windows. In the case of the studied building, this solution was not considered satisfactory, since users do not have the habit or means to regulate sheds. In most environments, these are closed because there are few rods that allow users to regulate its opening. Thus, the cross ventilation is limited, not contributing to the improvement of location's thermal comfort board. The fact of the sheds having a very opaque material, greatly reduces the intensity of natural lighting that falls onto the roof of the environment, making it necessary to use artificial light even during the day. In addition, artificial lighting circuits do not allow the integration with the natural lighting coming from the windows, since the same outlet, activates both the line of light fixtures next to the windows, as well as those on the opposite side, distant from the same. On the other hand, some control of the intensity of natural lighting and ventilation through the windows (Figure 3) is allowed, because these are formed by opaque pivoting panels, of easy manipulation by the users.

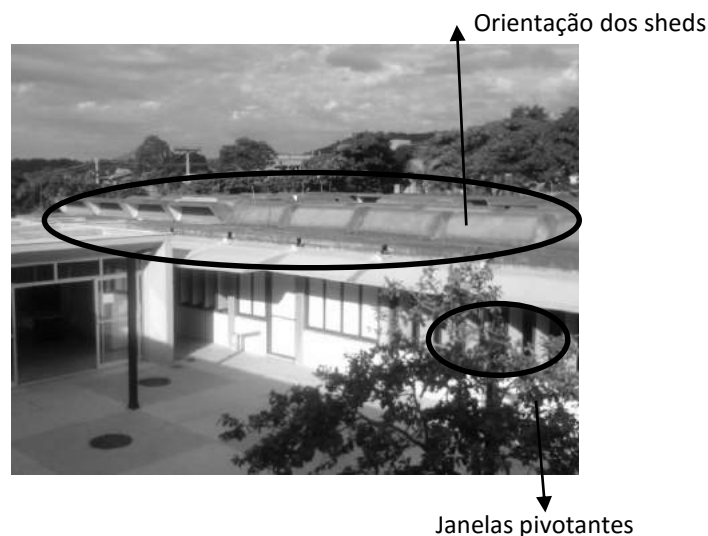


Figure 3. Shed's orientation and pivoting windows system. Source: authors

The northwest and southeast facades of the buildings have yellow awnings, thus allowing, a greater shading in the rooms, avoiding the incidence of direct solar radiation, which could bring an increase in internal temperature. Regarding the acoustics, it was reported by users interference noise from neighboring rooms during the classes. It is believed that this fact is due to the presence of awnings, whose geometry contributes to the reflection of sound from one room to the other, as well as the construction system, with very slender parts and crannies at the meeting of building elements such as beams, system coverage, which make the sound pass on to the neighboring environment, and high windows on the side walls of the classrooms adjacent to the corridors.

5. OBTAINED RESULTS

To check the existing discomfort in the buildings of the Santa Luzia Campus, quantitative and qualitative assessments were performed. Questionnaires were used on the days of measurement to understand the perception of workers and compare them with the data obtained by the WBGT equipment, light meter, anemometer and decibel meter. The measurements were divided by seasons. So far, only the summer and fall seasons passed through measurements, however the collection of quantitative and qualitative data is still underway. It is also within the proposal to analyze the furniture used by employees to determine their ergonomic adjustments, stage that has not yet been performed.

All work environments were evaluated, but in this article, the result of the teachers' lounge was the only one considered, where the largest group of the institution's servers is found.

5.1. Questionnaires

On March 17 (summer) and on June 8, 2016 (autumn), questionnaires of manual filling were delivered, with multiple-choice questions to teachers present on campus. The questionnaires were delivered and completed in the time of 04: 30 pm. This schedule was defined by the fact that in informal talk, this was the most critical time in relation to thermal discomfort. While the staff filled the questionnaires in their work stations, the research fellows performed the measurements using the equipment already mentioned. Fifteen employees responded to the questionnaire, ten on March 14 and five on June 8, totaling eleven female and four male. The questionnaire's questions were focused on the environments' thermal, anthropometric, luminous and acoustic issues. Among the answers it is important to note that 53.3% of the interviewed have between 31 and 40 years of age; 33.3% between 20 and 30 years of age; 6.7% between 41 and 50 years age and 6.7% have over 50 years of age.

The types of jobs held by the teachers interviewed, in accordance with the Annex III of NR15 (2015), are activities that fit into light and moderate work.

Among the responses provided and arranged in table 1 and 2, most teachers say they feel dissatisfied with the comfort of the working environment, being the major cause of discomfort the thermal issue.

ENVIRONMENTAL COMFORT SATISFACTION

	Very satisfied	Satisfied	Somewhat satisfied	Dissatisfied
Summer	6,7%	20%	26,7%	46,7%
Autumm	0%	0%	80%	20%

Table 1. Answer the questionnaires. Environmental Comfort Satisfaction Summer and Fall / 16.
 Source: Authors

WHAT BOTHERS THE ENVIRONMENTAL COMFORT THE MOST

	Lighting	Thermal Comfort	Noises	Ergonomic Inadequacy	Dissatisfied with all items (lighting, anthropometry, acoustics and thermal comfort)	Satisfied
Summer	20%	67%	0%	0%	6,7%	6,7%
Autumm	0%	80%	0%	0%	20%	0%

Table 2. Answer the questionnaires. Environmental Comfort Satisfaction Summer and Fall / 16.
 Source: Authors

Another important factor to point out is that 66.7% of the interviewed feel glare while being in front of the computer screen and 50% of the interviewed believe that the reason is the reflection of artificial light (lamp) on the computer screen and the other 50% report not knowing the reason.

5.2. Measurements

The measurements were performed with the application of the questionnaire to assess real-time quantitative and qualitative results and compare them. Three measurements were made throughout the extent of teachers' lounge (Figure 4) and then the average values were calculated.

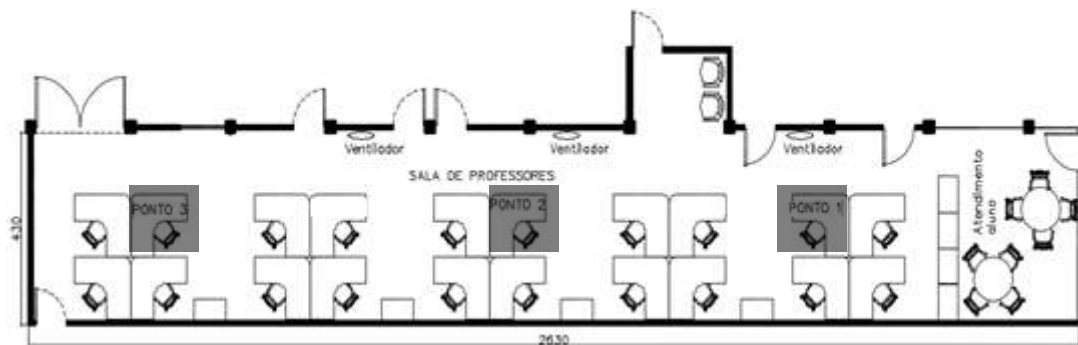
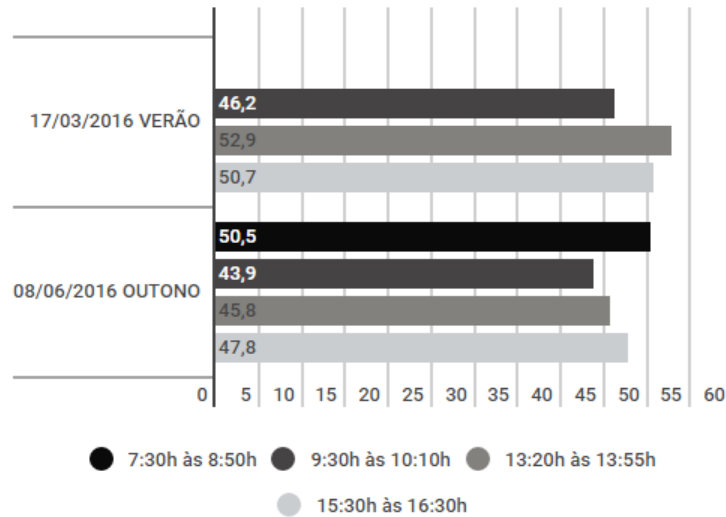


Figure 4. Technical Plant Teachers' Lounge- IFMG Santa Luzia. Source: Prepared by the authors

As the result of the questionnaires, the noise was not pointed out as a problem in the workplace. According to the measurements made with the decibel meter equipment (sound pressure level meter), and compared to the *ABNT NBR 10152 (1990)* that establishes noise levels for acoustic comfort, the result obtained in this measurement is found to be within the allowed parameters (Graph 1). It was considered the classification of the teachers' lounge environment as "computer room" in office typology, according to the Table 1 of the above standard, which shows that the noise level tolerated for this type of environment, is in the 45 range 65 DB (A). It is important to highlight that the teacher's lounge does not have side windows, just sheds on the roof, which may have contributed to the low ambient noise level, since the absence of side openings, means that there is less interference from external noise within the environment.



Graph 1. Comparison results in decibel measurements of the IFMG's teachers' lounge. Source: Prepared by the authors

In the analysis of the local lighting, the result was based on *NR17 (1978)* which states that in all workplaces there must be adequate lighting, appropriate to the nature of the activity and that lighting should be evenly distributed and diffused, installed so that it avoids glare, annoying reflections, shadows and excessive contrasts. You can see in Graph 2, that the lighting in the analyzed environment is poorly distributed, as soon as the results in lux (Graph 2) have great variations between the measurements at different points in the room. The three light meter measurements were considered individually, without the mean values to show the heterogeneous distribution of illumination on site. During all measurements, the room stood with lights on and sheds closed. Comparing the quantitative data with the answered questionnaires, such lighting besides not being uniform, it is not diffuse and therefore, causes glare on employees when they are at their desks and in front of the computer. It is to be observed through the answers to the questionnaire that some employees feel that obfuscation and others do not, so that the perception of difference may be justified by the non-uniformity of illumination intensity throughout the length of the room.

According to *ABNT NBR 5413 (1991)*, the suitable general lighting for the task area with normal visual requirements, average working machinery and offices is 500 - 700-1000 lux. According to the obtained data, the lighting of the teachers' lounge is below 300 lux in all the measurements, in other words, it is inadequate to the functions carried out at the site. It is important to remember that space has sheds on the roof which allow natural light into the environment, but as can be seen, are insufficient to ensure adequate levels of luminous comfort.

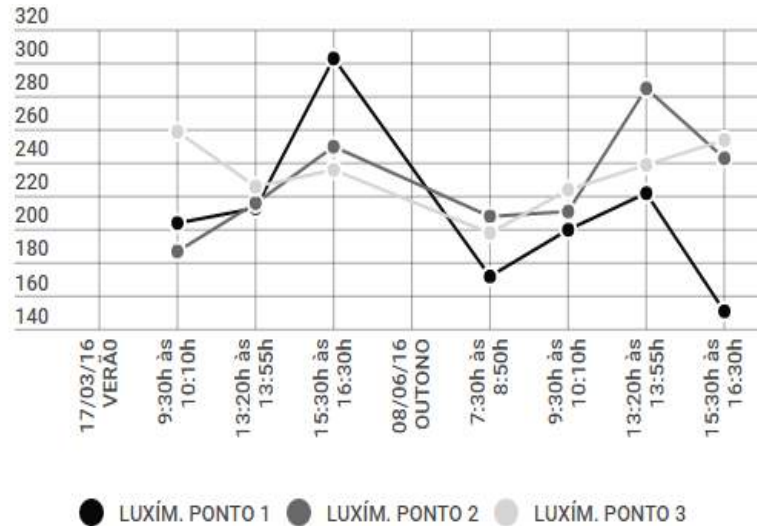


Figure 2. Results light meter - variations in lux in the months of March and June

The WBGT (Wet Bulb Globe Thermometer Index) has the purpose of measuring the thermal comfort, which was reported by teachers in the questionnaire as a major cause of discomfort. The measurements taken in the environment with the WBGT were compared to the NR15-Annex III, which sets the maximum measure of comfort 30 WBGT. The results of the teachers' lounge had a maximum of 31 WBGT on the summer month (chart 3), and thus the thermal comfort conditions in the studied environment are inadequate. It is noteworthy that the teachers' lounge does not have side windows, once the air circulation takes place by means of fans. There are sheds on the roof that are opened infrequently.

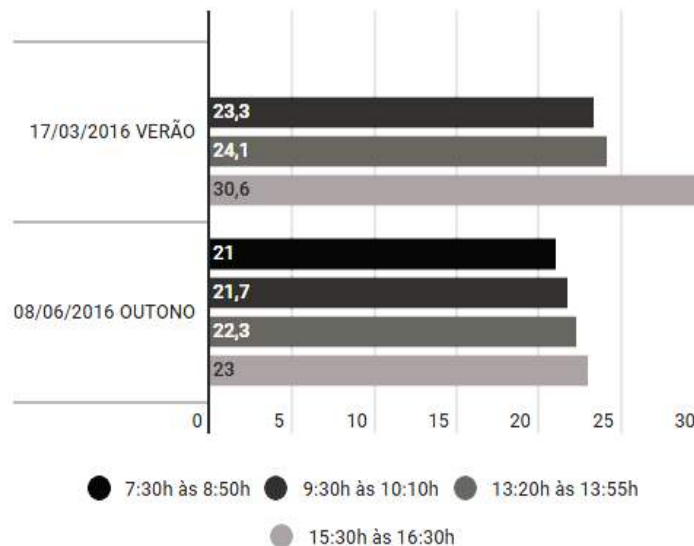


Figure 3. Results WBGT- comparisons summer and autumn 2016

The anemometer (equipment used to measure wind speed) in all measurements, seasons and times indicated the wind speed to zero. Only when the fans were connected, the speed ranged from 0.5 to 1.9 m/s. According to the sub item 17.5.2 NR17, ideal wind speed for internal space is of a maximum of 0.75 m/s.

6. CONCLUSIONS

From the analyses, it is concluded that the buildings of the *IFMG* - Santa Luzia have inadequate conditions of thermal and luminous comfort for the employees. Yet the acoustics in the staff room, from the data of measurements performed in March and June, despite the complaint of the employees is in accordance with the comfort index provided by the standard adopted as reference in this work.

The lighting of the teachers' lounge according to the measurements, it is not appropriate to the nature of the activity, having lux below indicated, in addition to poor distribution throughout the room. In the same way, thermal comfort, analyzed by WBGT is found to be above the permitted in the late summer, bringing discomfort to workers. Yet in the fall, the values indicate that the room is within the allowed parameters.

Qualitative data indicated the dissatisfaction of teachers with most of the analyzed topics and health ills employees believe are posed by environmental discomfort in the workplace.

It is important to remember that this article only refers to an environment of twenty being evaluated at the Institution. The studies carried out here have a very promising potential for the analysis and improvement of environmental comfort in many work environments.

ACKNOWLEDGEMENTS

To the *IFMG* and the *Capes* for the Scientific Initiation and Doctorate grants, respectively.

REFERENCES

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 5413 – *Iluminação de Interiores*. 1991
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT - Norma NBR 10152 - *Níveis de ruído para conforto acústico* (NB 95) - 1990.
- Atlas eólico: Minas Gerais* / Odilon A. Camargo do Amarante, Fabiano de Jesus Lima da Silva, Paulo Emiliano Piá de Andrade. – Belo Horizonte, MG: Cemig, 2010
- BRAGATTO, C, N. *A Importância da Iluminação nos bares e restaurantes e sua influência no comportamento dos usuários*. IPOG, 2013.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora nº 15 (NR15): *Atividades e Operações Insalubres: Brasília*, 2015.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora nº 17 (NR17): *Ergonomia. Brasília*, 1978b.
- FREITAS, C, R; GALTER, M.I. Reflexões sobre a educação em tempo integral no decorrer do século. *EducereetEducare*, v2, n 3, p.123-138, 2007.
- GOULART, F. *Conforto Térmico no Colégio de Aplicação Pedagógica da Universidade Estadual de Maringá: Proposta para melhoria do desempenho térmico do Antigo CAIC*. 2014.144f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.
- LATORRACA G. (Org). João Filgueiras Lima, Lelé. São Paulo: Instituto Lina BO e P.M. Bardi, 1999.
- LIMA, J. F. *O que é ser arquiteto: memórias profissionais de Lelé (João Filgueiras Lima)*; em depoimento a Cynara Menezes, Rio de Janeiro: Record, 2004.
- MONTERO, I. *Ventilação e iluminação naturais na obra de João Filgueiras Lima, Lelé: Estudos dos Hospitais na Rede Sarah Kubitschek e Rio de Janeiro*. 2006. 250 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006



Ventilação natural em escritório no Rio de Janeiro-RJ: Análise e propostas para o edifício Barão de Ladário

Marco Antonio Lacerda

Universidade Federal do Rio de Janeiro, PROARQ-FAU/UFRJ, Rio de Janeiro (RJ), Brasil
marcolacerda73@gmail.com

Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos

Universidade Federal do Rio de Janeiro, PROARQ-FAU/UFRJ, Rio de Janeiro (RJ), Brasil
leopoldobastos@gmail.com

RESUMO: Os edifícios de escritórios têm um peso significativo no parque edificado das grandes cidades. No centro da cidade do Rio de Janeiro-RJ, a procura desses prédios, principalmente por grandes corporações, aliada a escassez de terrenos, tem motivado iniciativas ligadas a reabilitação de alguns prédios para atender essa demanda. Habitualmente, as soluções arquitetônicas assumidas são inadequadas para o contexto de clima tropical-úmido da cidade. Estratégias bioclimáticas como a ventilação natural para fins de conforto higrotérmico dos usuários, não constam nos programas de necessidades. Contudo, o condicionamento artificial do ar está sempre presente, apesar de ser potencialmente uma fonte poluidora do ar. Entretanto, é desafiante o uso da ventilação natural nestes prédios de escritórios situados em contexto urbano denso, devido à influência da canópia urbana no regime dos ventos, como também o ar que flui no ambiente interior é influenciado pela configuração do layout; ganhos térmicos devido aos equipamentos; a taxa de ocupação; o metabolismo dos usuários e a resistência térmica de suas vestimentas.

O presente artigo centra-se no estudo e análise das condições de ventilação natural em um andar de um prédio de escritórios no centro da cidade do Rio de Janeiro e frontal à baía de Guanabara. Através de simulação CFD, foram examinados para uma maquete virtual do prédio, o caso existente e outras situações com possíveis implementações em termos de layout e fenestrações. Os resultados demonstraram que as propostas de intervenção no escritório relativas ao layout, altura de painéis e tipologia de janelas acarretam melhoria nas condições de conforto, devido a melhor distribuição dos fluxos de ar e um incremento da velocidade em algumas zonas do ambiente.

Palavras-chave *Ventilação natural; Conforto higrotérmico; Escritórios.*

1. INTRODUÇÃO

Nas grandes cidades, os edifícios de escritórios representam uma grande parcela das edificações. Em locais como o centro do Rio de Janeiro, RJ, onde os primeiros arranha-céus datam da primeira metade do século XX, aliada a escassez de terrenos livres, a procura por esses edifícios nos últimos anos tem motivado a reabilitação dos prédios existentes.

As soluções arquitetônicas adotadas para o *retrofit* nessas edificações, normalmente não contemplam estratégias bioclimáticas, como a ventilação natural; destarte, o conforto higrotérmico é obtido mediante sistemas de condicionadores de ar.

Em local de clima quente úmido como a capital fluminense, a ventilação cruzada é desejável para remover o calor e a umidade no ambiente interno, e essa estratégia também pode possibilitar aos usuários condições de conforto higrotérmico (Lacerda, 2014).

As aberturas localizadas na envoltória e os dispositivos internos como o mobiliário e as divisórias podem influenciar o conforto ambiental em uma edificação e o seu consumo de energia. A janela pode apresentar desempenho bem distinto em relação à ventilação natural com mudanças em sua geometria e distribuição. A delimitação de espaços por divisórias internas ou paredes pode modificar a distribuição e a velocidade do ar. O mobiliário pode representar obstáculos à passagem do ar (Cunha, 2010).

Em prédios de escritórios, torna-se um desafio conseguir conforto térmico com a ventilação natural, devido a esse tipo de edificação estar muitas vezes inserido em um contexto urbano de grande adensamento, onde há muita obstrução aos ventos; outros motivos estão relacionados aos altos ganhos internos de calor pelos equipamentos, além da resistência térmica das vestimentas típicas, e da densidade ocupacional.

Como uma decorrência destes desafios apresentados para a ventilação natural, típicos dos ambientes de escritórios, surge a seguinte questão: Seria possível estabelecer condições de conforto térmico por meio da ventilação natural nesses ambientes?

Este artigo tem como objetivo avaliar o potencial da ventilação natural em um edifício de escritórios localizado no centro da cidade do Rio de Janeiro-RJ, com relação ao conforto térmico para os usuários; e também propor soluções adequadas de dispositivos arquitetônicos para um melhor aproveitamento da ventilação natural.

2. O AMBIENTE DE ESCRITÓRIO

2.1 O *layout* dos escritórios

O *layout* dos escritórios irá influenciar o processo de trabalho e o nível de interação entre os usuários, bem como o comportamento do fluxo de ar, a qualidade da iluminação e a acústica. Esses ambientes devem ser dimensionados e organizados de acordo com as necessidades de cada empresa. A organização dos espaços de trabalho em escritórios dependerá do tipo de funcionamento das organizações, com seus fluxos de tarefas, funções específicas de cada funcionário e a forma como interagem. Os escritórios podem ser classificados em quatro categorias de *layout*: o escritório fechado ou compartimentado, o escritório aberto ou panorâmico, o escritório semiaberto e o escritório aberto/ fechado ou misto (Meel et al., 2012).

2.2 Estudo de caso: Edifício Barão de Ladário

Inaugurado em 1973, o Edifício Barão de Ladário (EBL) possui vinte e dois andares, volumetria prismática com três fachadas dotadas de aberturas e uma empena cega. O pavimento-tipo possui planta com 24,5m x 32,5m e altura do forro com 2,41m. O entorno é composto por edificações históricas de baixo gabarito, edificações mais recentes de gabaritos mais elevados, praças e a Baía da Guanabara (Fig. 1).



Figura 1 – Fotografia de satélite do EBL e do seu entorno. Fonte: Google,2013.

A área de estudo foi o setor de escritórios do 16º andar, o qual o layout é classificado como misto, com as seguintes características dimensionais: (i) espaço: 12,51m de largura; 38,18 m de comprimento e 2,41m de pé-direito;(ii) janelas projetantes com 1,25m de largura por 1,51 de altura, e peitoril de 0,90m. As paredes têm 0,15m de espessura (Fig. 2).



Figura 2 – Layout do 16º andar do EBL. Fonte: Lacerda, 2014.

Os ventos predominantes na estação meteorológica do aeroporto Santos Dumont obtidos no site <http://bancodedados.cptec.inpe.br>, durante o expediente desse escritório, provêm da direção Norte das 7 às 13 horas, e da direção S-SE das 14 às 18 horas. A velocidade do vento é de 2,12 m/s para o vento Norte e 5,03 m/s para o vento S-SE. O valor atingido pela velocidade na altura do 16º andar foi obtido mediante perfil de velocidades logarítmico (ASHRAE,2004). Considerou-se adequadas, velocidades do ar no interior do ambiente na faixa de 0,5 a 2,0m/s para trazer benefícios do conforto higrotérmico (Lacerda, 2014).

3. SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL COM PROGRAMA CFD

A identificação e análise das trajetórias e velocidades dos ventos no entorno da edificação e das correntes de ar geradas no ambiente interno foram obtidas mediante simulação computacional com o programa CFX 14.5 da ANSYS em sua versão acadêmica.

O processo de simulação foi realizado através dos seguintes passos: modelagem do problema, simulação e análise. Inicialmente, foi simulado o modelo com as geometrias do EBL, do escritório existente e do seu entorno, para o caso base, e analisado os resultados do escoamento do ar no interior do escritório. Finalmente, proposto modelo que incluía como premissa o uso adequado da ventilação natural como estratégia de conforto.

Nesta pesquisa, foi analisado o escoamento externo e interno do ar, para as duas direções de vento predominantes, logo optou-se em adotar o domínio em forma cilíndrica. Este domínio permite o uso do mesmo modelo e malha para simulações em qualquer direção do vento. Entretanto, o domínio cilíndrico possui dimensões maiores que o domínio em forma de paralelepípedo, o que incorre na geração de malhas com maior número de elementos e na demanda por maior capacidade computacional. Também, adotou-se o modelo de turbulência de fechamento de primeira ordem standard k- ϵ . Essa escolha se baseou nos seguintes critérios: modelo largamente utilizado em outros estudos, modelo validado em aplicações na engenharia do vento e a relação entre qualidade dos resultados com pequena capacidade de processamento necessária (Cóstola & Alucci, 2011).

A discretização do domínio, ou seja, geração da malha foi realizada conforme a necessidade de refinamentos junto às áreas de interesse e capacidade computacional disponível, portanto, junto às geometrias do escritório houve maior refinamento, enquanto no entorno mais distante houve menos.

Os resultados foram apresentados por meio de gráficos e planilhas. Através de objetos inseridos no modelo, como planos, pode-se plotar neles, vetores, linhas de corrente, isolinhas de uma determinada variável (pressão, velocidade, temperatura, vazão, etc.) para analisar as condições do escoamento do ar no local de interesse. Os valores de uma determinada variável, em qualquer local do domínio, podem ser quantificados por meio de expressões inseridas em planilha desse programa. No interior do escritório, foram marcados 77 pontos onde se desejava informações e dados sobre a circulação de ar devido aos ventos incidentes nas janelas do prédio. Estes pontos foram considerados nos locais de maior permanência de cada usuário: estações de trabalho e salas de reuniões (Fig. 3). A altura desses pontos foi definida em 1,10 m em relação ao piso elevado, a qual corresponde à altura média da cabeça para uma pessoa sentada.

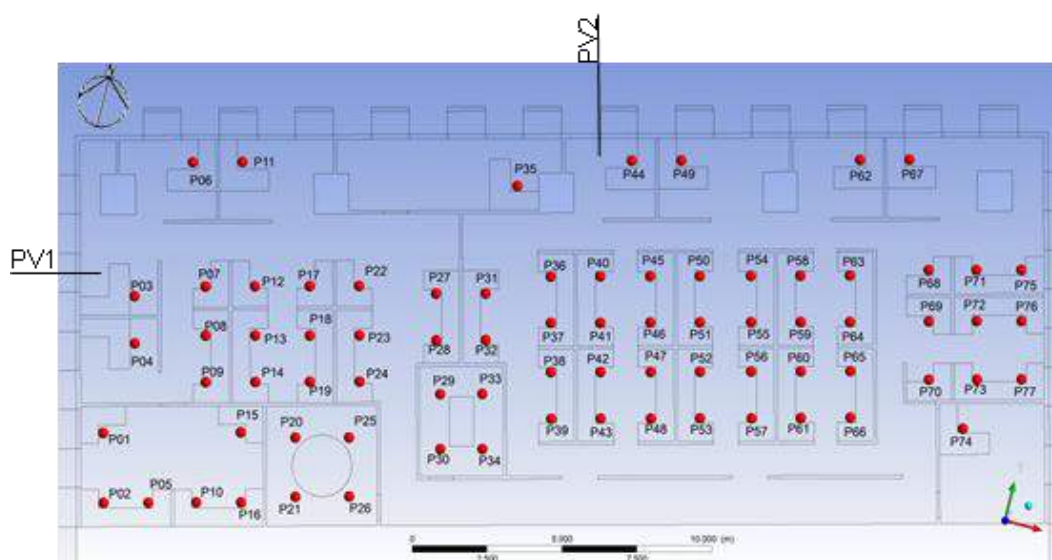


Figura 3 – Pontos de registro de velocidade no escritório com o atual layout.

4. RESULTADOS E ANÁLISE

4.1 Simulações do Modelo M1

O Modelo M1 representa o escritório com suas atuais características arquitetônicas. Para as simulações, foram introduzidas as condições dos ventos predominantes durante o horário de expediente do escritório, conforme descritas na Tabela 1, definindo-se os casos M1-1 e M1-2:

Tabela 1. Síntese das características do Modelo M1

Modelo	Direção do vento	Velocidade do vento	Altura da divisória	Tipologia da janela	Estação de trabalho	Layout do escritório
	Grau	m/s	cm			
M1-1	0°	2,12	134/164/241	Fixa + projetante	Celular em 'L'	Misto
M1-2	160°	5,03				

Resultados para o Modelo M1-1

Para esta situação, resulta no escritório, Figura 4, velocidades do ar maiores nas proximidades das aberturas, com maior concentração de circulações acima de 2 m/s, contudo, nos painéis fixos das esquadrias a velocidade é mais baixa e ocorre a formação de vórtices.

O fluxo de ar entra no ambiente pelas aberturas da fachada com orientação NNW, onde a pressão é positiva, e sai pelas aberturas localizadas nas fachadas ENE e WSW, onde as pressões são negativas (fig. 5). O fluxo na fachada NNW no nível do andar do escritório é descendente, o que dificulta a entrada de ar pela tipologia da janela projetante.

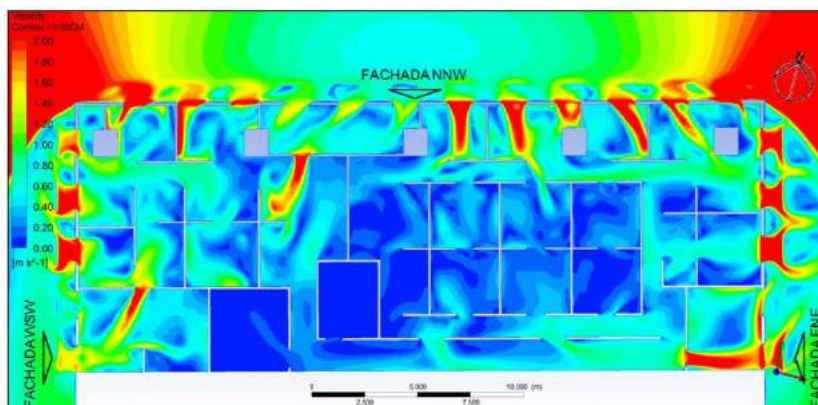


Figura 4 – Isovels a 1,10m do piso elevado. Fonte: Lacerda, 2014

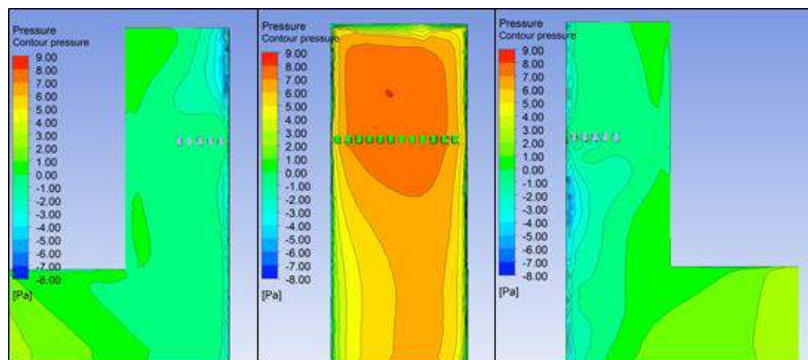


Figura 5 – Isóbaras nas fachadas ENE, NNW e WSW, respectivamente. Lacerda, 2014

Em vários pontos de registro, foram observadas velocidades do ar muito baixas para serem consideradas para uma estratégia de conforto higrotérmico, nas condições climáticas locais e nas condições de vestimenta (0,6 clo) e de atividade típicas dos usuários de escritório (1,2 met) (tabela 2).

Tabela 2. Velocidade do vento nos pontos de registro (m/s) _ modelo M1-1

P01	0,50	P11	0,46	P21	0,02	P31	0,07	P41	0,49	P51	0,10	P61	0,08	P71	0,35
P02	1,24	P12	0,60	P22	1,82	P32	0,11	P42	0,09	P52	0,19	P62	2,57	P72	0,23
P03	0,70	P13	0,26	P23	0,63	P33	0,01	P43	0,52	P53	0,17	P63	0,19	P73	0,06
P04	0,03	P14	0,65	P24	0,30	P34	0,01	P44	1,08	P54	0,16	P64	0,23	P74	0,59
P05	0,98	P15	0,37	P25	0,04	P35	0,62	P45	0,24	P55	0,18	P65	0,08	P75	0,68
P06	0,24	P16	0,33	P26	0,04	P36	0,30	P46	0,12	P56	0,37	P66	0,27	P76	0,41
P07	0,34	P17	0,32	P27	0,47	P37	0,17	P47	0,16	P57	0,37	P67	0,03	P77	0,46
P08	0,64	P18	0,38	P28	0,16	P38	0,06	P48	0,18	P58	0,22	P68	0,14		
P09	0,20	P19	0,32	P29	0,02	P39	0,07	P49	0,58	P59	0,18	P69	0,29		
P10	0,14	P20	0,06	P30	0,03	P40	0,18	P50	0,30	P60	0,11	P70	0,54		

Resultados para o Modelo M1-2

Nesse modelo, foi considerado o vento com azimute de 160° e velocidade de 5,03 m/s. A fachada onde incide esse vento corresponde à empena cega do edifício. A distribuição do fluxo de ar ao longo do ambiente interno mostrou-se mais homogênea, porém, essa condição ocorreu devido às baixas velocidades do ar em grande parte do ambiente (figura 6). Assim, como nos casos anteriores, também foi observado a formação de vórtices nas regiões posteriores às divisórias, o que corrobora a influência das divisórias nos efeitos observados na circulação de ar.

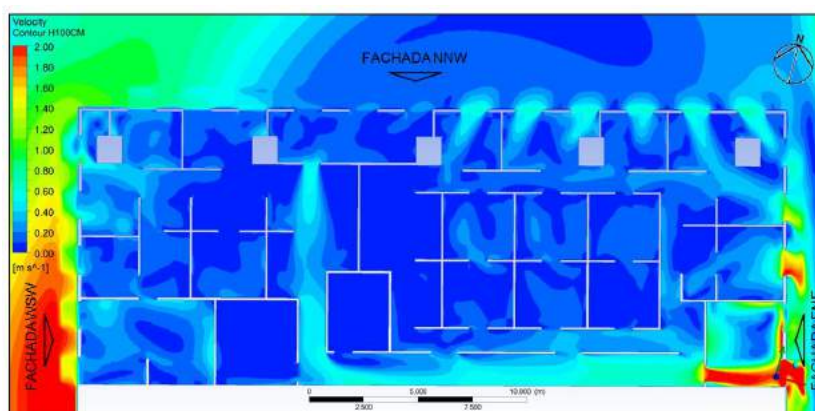


Figura 6. Isovels a 1,10m do piso elevado. Fonte: Lacerda, 2014.

Para essa direção do vento, todas as aberturas estão localizadas em zonas de pressões negativas (figura 7), e a circulação do ar ocorre em razão da diferença de pressão entre essas zonas. Dessa forma, o fluxo de ar entra pelas aberturas na fachada a NNW, onde a pressão é ligeiramente maior, e sai através das aberturas localizadas nas fachadas ENE e WSW, onde a pressão é menor. Pode-se observar que a diferença de pressão entre as fachadas é pequena, o que explica o motivo dos valores das velocidades serem menores do que os valores do caso anterior.

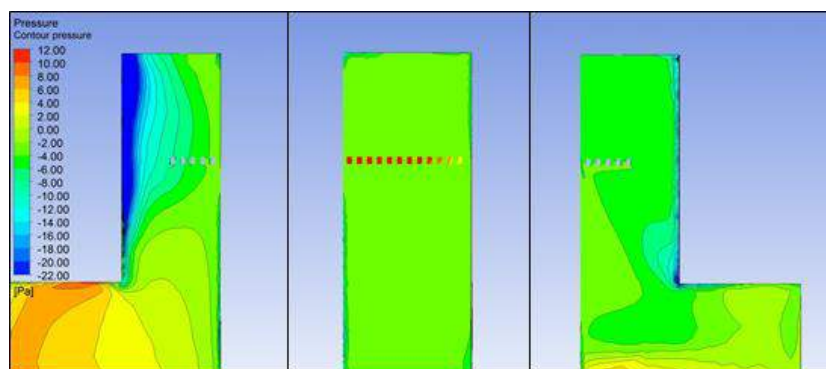


Figura 7 – Isóbaras nas fachadas ENE, NNW e WSW, respectivamente. Lacerda, 2014

Em todos os pontos de registros, foram observadas velocidades do ar muito baixas para serem utilizadas como estratégia de conforto higrotérmico nesse escritório (tabela 3).

Tabela 3 – Velocidade do vento nos pontos de medição (m/s) _ modelo M1-3

P01	0,35	P11	0,12	P21	0,02	P31	0,01	P41	0,21	P51	0,19	P61	0,04	P71	0,05
P02	0,22	P12	0,03	P22	0,16	P32	0,02	P42	0,06	P52	0,15	P62	0,32	P72	0,15
P03	0,35	P13	0,06	P23	0,07	P33	0,01	P43	0,14	P53	0,06	P63	0,14	P73	0,24
P04	0,14	P14	0,15	P24	0,17	P34	0,02	P44	0,05	P54	0,15	P64	0,15	P74	0,47
P05	0,13	P15	0,25	P25	0,05	P35	0,06	P45	0,14	P55	0,11	P65	0,13	P75	0,36
P06	0,17	P16	0,21	P26	0,05	P36	0,06	P46	0,12	P56	0,16	P66	0,07	P76	0,32
P07	0,12	P17	0,07	P27	0,01	P37	0,03	P47	0,08	P57	0,16	P67	0,14	P77	0,32
P08	0,13	P18	0,17	P28	0,12	P38	0,10	P48	0,06	P58	0,05	P68	0,13		
P09	0,11	P19	0,17	P29	0,03	P39	0,04	P49	0,51	P59	0,16	P69	0,05		
P10	0,18	P20	0,03	P30	0,02	P40	0,16	P50	0,19	P60	0,09	P70	0,27		

4.2 – Simulações do Modelo M2

O Modelo M2 consiste numa proposta de reforma arquitetônica que inclui mudança de layout e substituição de janelas, painéis divisórios e mobiliário, objetivando conciliar questões funcionais, estéticas, econômicas, culturais e de conforto higrotérmico.

A tipologia de janela especificada foi a pivotante de eixo vertical, devido ao seu melhor desempenho em relação ao aproveitamento da ventilação natural, entre as tipologias testadas dos modelos anteriores (Lacerda, 2014).

O layout do projeto manteve-se na categoria mista, porém houve reconfiguração nos diversos ambientes do escritório. O ambiente dos projetistas foi dividido em espaços de trabalho conforme a quantidade de equipes, sendo que, entre esses espaços foram especificadas divisórias do tipo piso-teto para melhorar a privacidade entre as equipes e divisórias com 90 cm de altura entre as estações de trabalho, para permitir o nível de interação alto entre os membros de uma mesma equipe. Para as salas dos chefes de departamentos e de reuniões, foi adotado o conceito de espaço fechado, com a adoção de divisórias do tipo piso-teto para realização de atividades de maior concentração e/ou confidencialidade.

A distribuição das divisórias altas também objetivou conduzir o fluxo de ar até as áreas mais distantes das aberturas, e concorrer para uma redução das regiões com ar estagnado. Os espaços de trabalho das equipes podem funcionar como ‘dutos’ que conduzem os fluxos de ar até ao corredor, e este por sua vez os direciona para as aberturas de saída do ar. As salas dos chefes de departamentos foram dispostas de modo que as aberturas das

fachadas e da porta possam criar condições de ventilação cruzada. A sala de reuniões foi alocada na zona com menores velocidades do ar, devido esse espaço ser o de menor permanência, no entanto, foi criada uma abertura entre esse ambiente e a sala do chefe do departamento de obras, a fim de criar condições de ventilação cruzada por meio dessa abertura e a porta.

As estações de trabalho dos projetistas tiveram as suas mesas em formato 'L' substituídas por mesas lineares, esse formato paralelepípedo cria menor perturbação no fluxo de ar nas proximidades do maior lado, quando o vento incide normal ao lado menor. Da mesma forma, os usuários do escritório estariam localizados nas regiões de menor obstrução, enquanto papéis sobre a mesa estariam mais protegidos devido às obstruções causadas pelas divisórias de 90 cm entre as estações de trabalho.

De forma resumida, as características desse modelo estão descritas na tabela a seguir:

Tabela 4. Síntese das características do Modelo 2

Modelo	Direção do vento	Velocidade do vento	Altura da divisória	Tipologia da janela	Estação de trabalho	Layout do escritório
	Grau	m/s	cm			
M2-1	0°	2,12	90/241	Pivotante	Celular linear'	Misto
M2-2	160°	5,03	90/241			

Com a proposta deste novo layout houve um incremento do número de postos de trabalho, aumentando a capacidade de 77 funcionários para 83. Os valores das velocidades do vento foram obtidos através de pontos de registro situados nesses postos de trabalho (fig. 8), numa altura de 1,10 m em relação ao piso elevado.

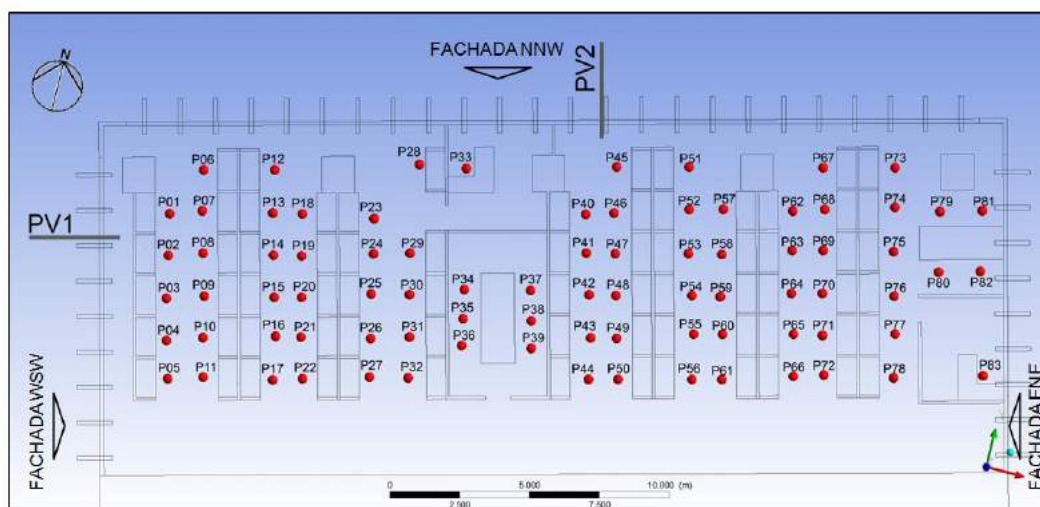


Figura 8 – Pontos de registro de velocidade no escritório com o layout proposto.

Resultados para o Modelo M2-2

Nesse modelo, o layout proposto e o uso combinado dos elementos arquitetônicos, janelas pivotantes de eixo vertical (abertas a 90°) e divisórias piso-teto, permitiu alterar a direção e a velocidade do fluxo de ar oriundo do meio externo, de modo a beneficiar os locais de maior permanência dos usuários. Observa-se a presença de jatos de ar nos locais de maior permanência dos usuários e poucas zonas de estagnação (Fig. 9).

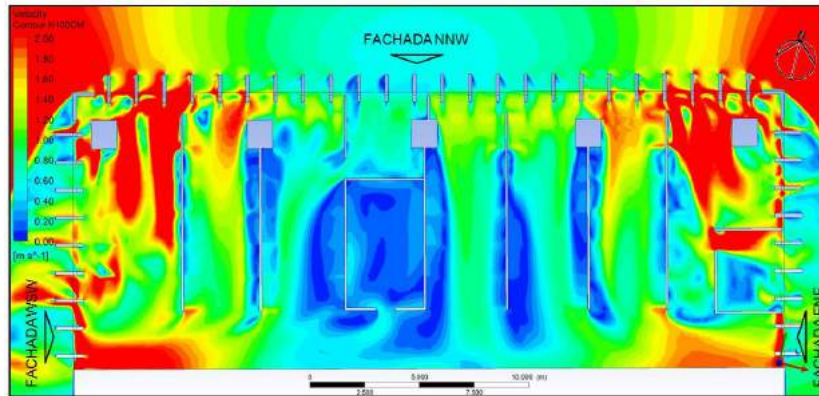


Figura 9. Isovels a 1,10m do piso elevado. Fonte: Lacerda, 2014.

O número de pontos de registro, com valores de velocidades do ar entre 0,6 m/s e 2,0 m/s, correspondeu a 62 pontos do total de 83. Em sete postos de trabalho, a velocidade superou o limite máximo, enquanto, em 14 postos de trabalho a velocidade foi menor que o limite mínimo (tabela 5).

Tabela 5. Velocidade do vento nos pontos de registro (m/s) _ modelo M4-1

P01	3,17	P11	1,15	P21	1,02	P31	0,04	P41	0,76	P51	1,12	P61	0,82	P71	0,86	P81	1,02
P02	2,89	P12	1,40	P22	1,03	P32	0,11	P42	0,65	P52	0,69	P62	1,66	P72	0,89	P82	1,24
P03	1,55	P13	1,46	P23	0,53	P33	0,65	P43	0,54	P53	0,50	P63	1,41	P73	3,05	P83	0,96
P04	1,34	P14	1,24	P24	0,76	P34	0,22	P44	0,61	P54	0,53	P64	1,11	P74	2,72		
P05	0,79	P15	1,00	P25	0,93	P35	0,33	P45	1,16	P55	0,43	P65	0,86	P75	1,74		
P06	3,53	P16	0,88	P26	0,89	P36	0,33	P46	0,76	P56	0,29	P66	0,86	P76	0,67		
P07	2,58	P17	0,92	P27	0,83	P37	0,22	P47	0,76	P57	1,00	P67	1,59	P77	0,86		
P08	1,89	P18	1,49	P28	0,75	P38	0,16	P48	0,79	P58	0,95	P68	1,20	P78	0,95		
P09	1,88	P19	1,16	P29	0,71	P39	0,19	P49	0,79	P59	0,87	P69	0,90	P79	2,14		
P10	1,00	P20	1,10	P30	0,21	P40	0,84	P50	0,78	P60	0,84	P70	0,87	P80	1,13		

Resultados para o Modelo M2-2

Este modelo apresentou, nos ambientes intermediários, baixas taxas de ventilação e aumento de zonas com vórtices. Entretanto, nos ambientes com aberturas voltadas para as fachadas ENE e WSW, as condições de ventilação são melhores (Fig. 10).

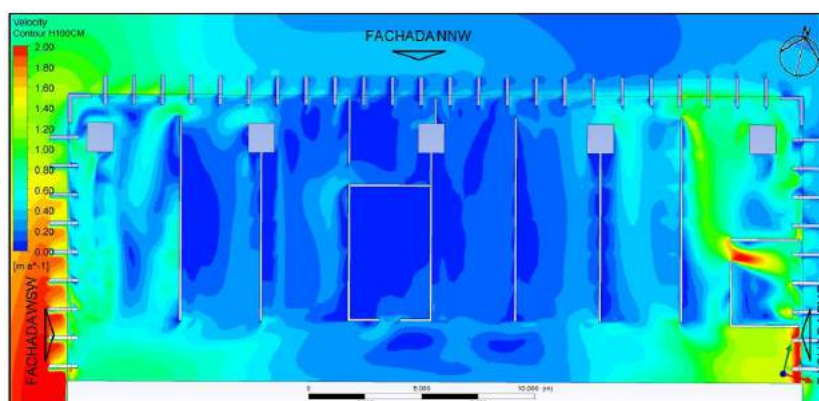


Figura 10. Isovels no plano PH1. Fonte: Lacerda, 2014.

Assim como nos outros modelos, os quais o fluxo de ar penetra pelas aberturas a sota-vento, foram observadas velocidades do ar abaixo de 0,6 m/s na maioria dos pontos de registro; em apenas dez postos de trabalho os valores de velocidade estão na faixa ideal.

Tabela 6. Velocidade do vento nos pontos de registro (m/s) _ modelo M4-2

P01	0,30	P11	0,44	P21	0,22	P31	0,17	P41	0,13	P51	0,22	P61	0,27	P71	0,33	P81	0,73
P02	0,36	P12	0,21	P22	0,25	P32	0,19	P42	0,12	P52	0,16	P62	0,52	P72	0,41	P82	0,43
P03	0,22	P13	0,12	P23	0,10	P33	0,05	P43	0,13	P53	0,14	P63	0,44	P73	0,97	P83	0,87
P04	0,28	P14	0,07	P24	0,14	P34	0,05	P44	0,16	P54	0,14	P64	0,37	P74	1,00		
P05	0,29	P15	0,05	P25	0,16	P35	0,05	P45	0,11	P55	0,15	P65	0,33	P75	1,01		
P06	0,67	P16	0,11	P26	0,17	P36	0,05	P46	0,11	P56	0,17	P66	0,26	P76	1,05		
P07	0,50	P17	0,23	P27	0,18	P37	0,01	P47	0,13	P57	0,30	P67	0,30	P77	0,62		
P08	0,32	P18	0,19	P28	0,18	P38	0,12	P48	0,14	P58	0,24	P68	0,34	P78	0,56		
P09	0,32	P19	0,17	P29	0,30	P39	0,13	P49	0,16	P59	0,23	P69	0,32	P79	0,59		
P10	0,39	P20	0,20	P30	0,21	P40	0,13	P50	0,16	P60	0,25	P70	0,30	P80	0,35		

5. CONCLUSÕES

Os resultados das simulações indicam o potencial no uso da ventilação natural como estratégia bioclimática para o Modelo M2 no período das 7 às 13 horas. Após esse horário, os ventos predominantes passam a incidir na empena do edifício, resultando baixas velocidades do ar no interior do escritório. Porém, em condições climáticas que favoreçam o conforto, velocidades de ar baixas podem ser suficientes para dissipar o calor gerado no interior do ambiente, por equipamentos, usuários e luminárias, e também pode melhorar a qualidade do ar.

Como sugestão para uma continuidade e avanços da pesquisa consideram-se estudos que envolvam simulações concomitantes de carga térmica e de ventilação natural.

O presente estudo limitou-se às condições propostas nos modelos, que incluem algumas simplificações e dados de entrada fixos. Os resultados obtidos nessas condições são valores médios em termos temporais e podem não coincidir com medidas instantâneas medidas in loco, no entanto, podem servir de orientação em futuros estudos ou projetos sobre o comportamento dos fluxos de ar neste ambiente de escritório.

REFERÊNCIAS

- ASHRAE 2004. Handbook of Fundamentals. American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers.
- Cóstola, D. & Alluci, M. P. 2011. Aplicação de CFD para o cálculo de coeficientes de pressão externos nas aberturas de um edifício. *Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 11, n. 1, p. 145-158, jan./mar. 2011.*
- Cunha, L.J. de Freitas 2010. *Análise de métodos para aplicação de ventilação natural para projeto de Edificações em Natal-RN.* Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- Lacerda, M.A. 2014. *Ventilação natural e qualidade do ar em escritório carioca: análise e propostas para o edifício Barão de Ladário.* Dissertação de Mestrado Arquitetura. PROARQ-FAU/UFRJ.
- Meel, J. V.; Martens, Y.; Ree, H.J. 2012. *Como Planejar os Espaços de Escritórios - Guia prático para gestores e designers.* Barcelona: Gustavo Gili.



Mudanças climáticas e patrimônio arquitetônico: Sítio histórico de Santa Leopoldina [ES]

Luciana da Silva Florenzano

Federal University of Espírito Santo, Heritage and Development (Patri_Lab), Vitória (ES), Brazil
lucianaflorenzano@gmail.com

Renata Hermanny de Almeida

Federal University of Espírito Santo, Heritage and Development (Patri_Lab), Vitória (ES), Brazil
renatahermanny@gmail.com

ABSTRACT: Este artigo discute os impactos das mudanças climáticas no patrimônio arquitetônico, considerando os eventos meteorológicos extremos como as inundações e precipitações elevadas e alertando para a condição de risco do Sítio histórico de Santa Leopoldina, localizado na região centro-serrana do Estado do Espírito Santo. Situado às margens do Rio Santa Maria da Vitória, o sítio sofre o impacto de recorrentes inundações responsáveis pela inundação total e parcial dos edifícios situados no corredor histórico da cidade. Considerando que projeções confiáveis para o futuro devem consistir na compreensão das características destes eventos para que medidas de salvaguarda sejam efetivadas; em uma aproximação desta problemática, o artigo aborda eventos meteorológicos extremos e os impactos em sítios históricos, trazendo em seguida parâmetros climáticos da região de Santa Leopoldina. Os dados foram coletados no Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper) e na Agência Nacional de Águas (ANA) e tratados em Excel por meio da elaboração de gráficos. Em uma perspectiva alargada, traz como objetivo a discussão quanto ao posicionamento da sociedade frente as mudanças climáticas e as consequências no patrimônio arquitetônico.

Keywords *Patrimônio, sítio histórico, inundações, Santa Leopoldina.*

1. EVENTOS METEOROLÓGICOS EXTREMOS E OS IMPACTOS EM SÍTIOS HISTÓRICOS

A redução dos efeitos gerados por mudanças climáticas globais é um dos grandes desafios do século XXI. Em esfera global, a discussão toma força no cenário do desenvolvimento sustentável como projeto âncora desse século. Em meio a esse contexto, as alterações climáticas alargam-se gradativamente e registram-se eventos meteorológicos extremos, em espaços de tempo cada vez mais curtos; embora existam poucas demonstrações da correlação das mudanças climáticas com os eventos dessa natureza. Ademais, a ocorrência desses eventos demonstra grande poder de destruição nas cidades e a fragilidade de medidas de contenção, prevenção e enfrentamento do homem a esses processos de degradação.

De forma geral, verifica-se aumento global no número de desastres naturais a partir da década de 1970 (TOMINAGA, 2009). No Brasil, Tominaga (2009) observa que os principais eventos relacionados a desastres naturais se relacionam à dinâmica externa da Terra, como inundações e enchentes, escorregamentos de solos e/ou rochas e tempestades. A ocorrência desses fenômenos está associada a precipitações pluviométricas intensas e prolongadas, especialmente na época chuvosa do inverno, na região nordeste, e do verão, nas regiões sul e sudeste (TOMINAGA, 2009).

Tominaga (2009) destaca que, de acordo com dados do *The International disaster database* (EM-DAT)¹, o Brasil está na lista dos países mais atingidos por inundações e enchentes, ocupando o 10º lugar em número de vítimas de desastres (considerando somente os desastres hidrológicos, como as enchentes e inundações). Dentro do Brasil, nas últimas décadas, as cidades mais atingidas por esses desastres naturais estão localizadas nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Espírito Santo, Santa Catarina, Paraná, Bahia, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Paraíba e Ceará (TOMINAGA, 2009).

Amaral e Ribeiro (2009, p. 41) salientam serem as inundações e enchentes “problemas geoambientais derivados de fenômenos de caráter hidrometeorológico ou hidrológico, ou seja, aqueles de natureza atmosférica, hidrológica ou oceanográfica”. Sabe-se que as inundações estão relacionadas com as precipitações, cuja intensidade e distribuição influenciam diretamente na dimensão do desastre ocorrido. Contudo, vale salientar também outros fatores importantes, como o grau de saturação do solo e as características morfométricas e morfológicas da bacia de drenagem (AMARAL E RIBEIRO, 2009). De maneira semelhante, Tampone (2000) destaca a relação entre o aumento da frequência de enchentes e inundações e o aumento de temperatura na atmosfera, a redução da permeabilidade do solo, a construção de aterros rodoviários e ferroviários, a instalação de rede de esgoto e assentamentos humanos, entre outros eventos de transformação do território.

Eventos meteorológicos extremos podem ter efeitos potencialmente danosos sobre o território construído. Min et al (2011) salientam a provável expectativa de aumento da retenção de água atmosférica, cujo crescimento ocorre na proporção do aumento de temperatura. Assim, Min et al (2011) destacam a influência do aquecimento global para

¹ Disponível em: <http://www.emdat.be/>,

maior incidência de eventos extremos, como elevadas precipitações volumétricas. Portanto, Min et al (2011) ainda enfatizam a contribuição do aumento dos gases do efeito estufa para a maior ocorrência de eventos de precipitação intensa. As conclusões obtidas por Min et al (2011) são baseadas na comparação das mudanças em precipitações extremas observadas e simuladas por meio de modelos durante a última metade do século XX, analisadas com a técnica *optimal fingerprinting*.

No Brasil, com relação ao patrimônio arquitetônico, a situação é grave, pois muitas cidades históricas brasileiras são estabelecidas em margens de rios. Quando se lida com monumentos arquitetônicos, convém destacar, sua sobrevivência está diretamente relacionada às suas propriedades intrínsecas de resistência e durabilidade, aos seus materiais e às suas técnicas construtivas. Contudo, da mesma maneira, a longevidade das edificações também depende das características do lugar e dos impactos do ambiente sobre o edifício, pois estes influenciam diretamente nos danos que a edificação pode vir a ter (GURIERRI E TAMPONE, 2000). Portanto, as estratégias de reabilitação devem englobar, além do domínio sobre os materiais construtivos e métodos de intervenção, o conhecimento do meio ambiente em que está inserido o monumento.

Sabe-se que nos últimos anos ocorrem diversas inundações em diferentes regiões do Brasil e, dentre as regiões atingidas, verificam-se cidades históricas, cujos remanescentes arquitetônicos, produtos da técnica, história e estética, transmitidos por gerações precedentes; são amplamente afetados por essa problemática. Notoriamente, construções antigas são mais afetadas em desastres naturais, tendo em vista que, em muitos casos, as estruturas edificadas já estão fragilizadas. Em alguns edifícios tombados, inclusive, paredes são arruinadas, destruindo por completo o patrimônio material. Entre os sítios históricos inseridos nesta preexistência crítica para a durabilidade, destaca-se, no século XXI, no Brasil, duas cidades devastadas por inundações: Goiás Velho, no estado de Goiás e São Luiz do Paraitinga, em São Paulo. No estado do Espírito Santo, o Sítio histórico de Santa Leopoldina é acometido por diversas inundações registradas nas últimas décadas, cujas consequências culminam, paulatinamente, na destruição das edificações históricas.

2. SANTA LEOPOLDINA: SOBRE AS INUNDAÇÕES E OS PARÂMETROS CLIMÁTICOS DA REGIÃO

O Sítio histórico de Santa Leopoldina está localizado na Bacia hidrográfica do Rio Santa Maria da Vitória, um dos grandes mananciais do Espírito Santo, que, somado ao Rio Jucu, é responsável pelo abastecimento de água da Grande Vitória. A cidade de Santa Leopoldina é um dos primeiros núcleos urbanos a ocupar a região centro-serrana do estado do Espírito Santo, povoada inicialmente por imigrantes suíços, e, em seguida, por colonos de origem germânica, como prussianos, pomeranos e austríacos (Espírito Santo, 2009). A ocupação inicia-se em 1856, quando é fundada a colônia de Santa Maria (Schwarz, 1992); cuja sede é transferida, em 1857, para a Vila do Cachoeiro de Santa Leopoldina, nas margens do Rio Santa Maria. Ainda no final do século XIX, a Colônia é desmembrada, originando as cidades de Santa Tereza, em 1890, Afonso Claudio e Ibirapu, em 1891, e Santa Maria de Jetibá, em 1988 (Schwarz, 1992).

Santa Leopoldina é estruturada em torno do Rio Santa Maria da Vitória, cuja nascente origina-se na Serra do Garrafão, no município vizinho de Santa Maria de Jetibá, e deságua na baía de Vitória, tendo 122 km de extensão territorial. O núcleo urbano situa-se estrategicamente nas proximidades do ponto em que o rio se torna navegável, até a baía de Vitória, escolhido em vista da relação econômica como entreposto comercial, até a segunda década do século XX. Este núcleo urbano - centro da cidade - resguarda seus ares de cidade do início do século XX, com sua configuração urbana constituída, em grande parte, pelos sobrados e casarões ao longo da área central, chamada de Sede. Nesse contexto, trinta e oito imóveis estão protegidos na esfera estadual pelo processo de tombamento realizado pelo Conselho Estadual de Cultura (Figura 1), por meio da Resolução nº 5/193, e conforme inscrição no Livro do Tombo Histórico nº 32 a 68, folhas 4v a 7v (Silva et al., 2013).



Figura 1 - Imóveis tombados no Sítio Histórico e sua relação com o Rio Santa Maria da Vitória. Fonte: Queiroz, 2013

O conjunto de edificações do Sítio histórico de Santa Leopoldina está exposto a altos índices pluviométricos em determinadas épocas do ano, o que, associado a outros fatores, ocasiona o aumento do nível fluvial. As cheias do Rio Santa Maria já culminaram, em Santa Leopoldina, em diversas enchentes (Figura 2, 3, 4, 5 e 6), catalogadas desde 1949, ano de instalação da base da Agência Nacional das Águas, nas proximidades do núcleo central de Santa Leopoldina.



Figura 2 - Enchente de 1960. Fonte: Acervo Laboratório Patrimônio & Desenvolvimento – UFES



Figura 3 – Imagens da inundação de 2009. Fonte: Disponível em: www.youtube.com.br, acesso 22 mar 2016.



Figura 4 – Imagens da inundação de 2012. Fonte (a): Disponível em: <http://g1.globo.com/espírito-santo/noticia/2012/01/agua-comeca-baixar-mas-santa-leopoldina-continua-em-alerta-no-es.html>, acesso 21 mar 2016. Fonte (b): Disponível em: www.youtube.com.br, acesso 23 mar 2016.

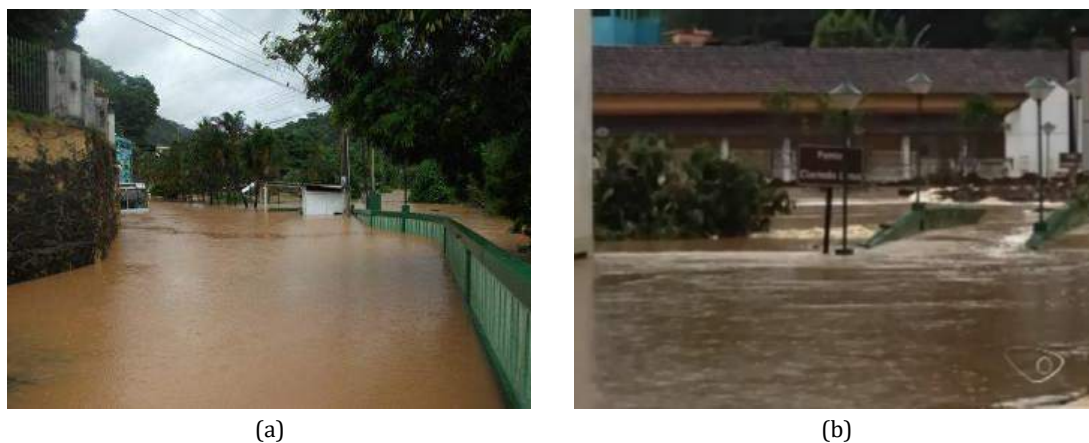


Figura 5 – Inundação ocorrida em 2013 em Santa Leopoldina. Fonte (a): Disponível em: <http://www.folhavoria.com.br/geral/noticia/2013/12/enchente-deixa-municipio-de-santa-leopoldina-isolado.html>, acesso 23 mar 2016. Fonte (b): Disponível em: <http://g1.globo.com>, acesso 24 mar 2016.



(a)

(b)

Figura 6 – Imagens da inundação de 2013. Fonte (a): <http://www.conquistanews.com.br/sobe-para-21-o-numero-de-mortos-pelas-chuvas-no-es/>, acesso 24 mar 2016. Fonte (b): Disponível em: <http://ocamacanzinhonoticias.blogspot.com.br/2013/12/o-corpo-de-bombeiros-vai-realizar-uma.html>, acesso 24 mar 2016.

Com relação às informações climáticas, o núcleo urbano localiza-se na região de “terras quentes, acidentadas e chuvosas”, segundo classificação do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), registrando temperatura mínima, no mês mais frio, de 11,0 – 18°C; e temperatura máxima, no mês mais quente, de 30,7 a 34°C, conforme dados coletados até o ano de 1999, disponíveis no site do instituto. Ainda sobre a temperatura, de acordo com o Incaper, a temperatura máxima média mensal (entre os anos de 1961 a 2013) foi de 26-28°C. Com base nos dados obtidos pela Agência Nacional das Águas (ANA), verifica-se o volume de precipitação máxima mensal, a partir de 1949, ano de instalação da estação em Santa Leopoldina (Figura 7 e 8).

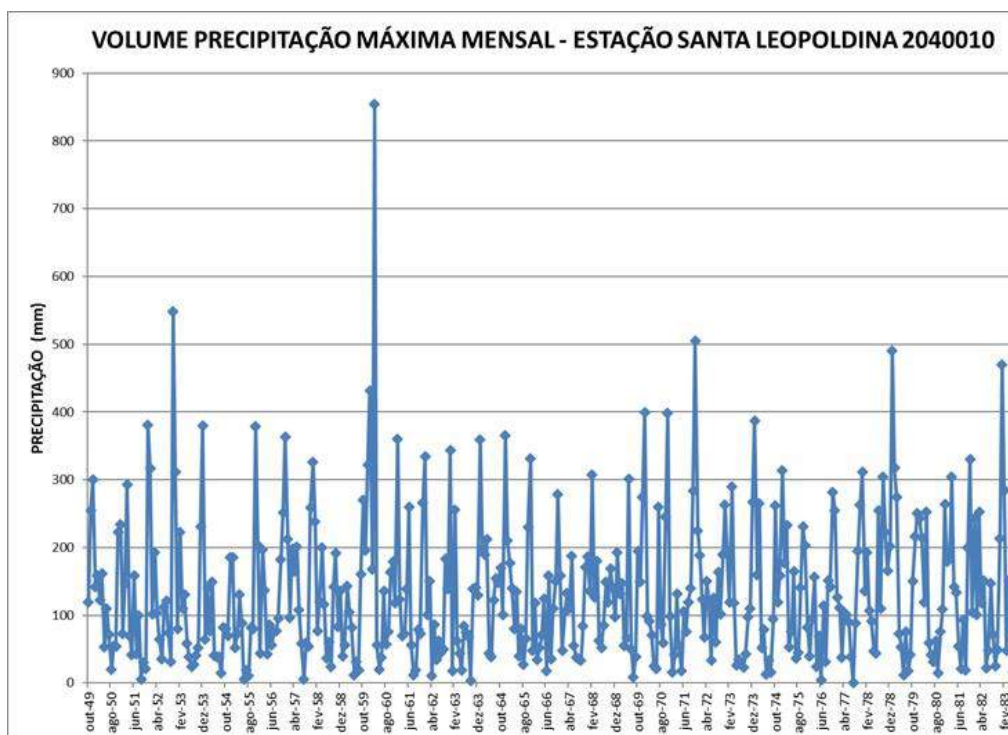


Figura 7 – Volume precipitação máxima mensal. Fonte: FLORENZANO, 2016

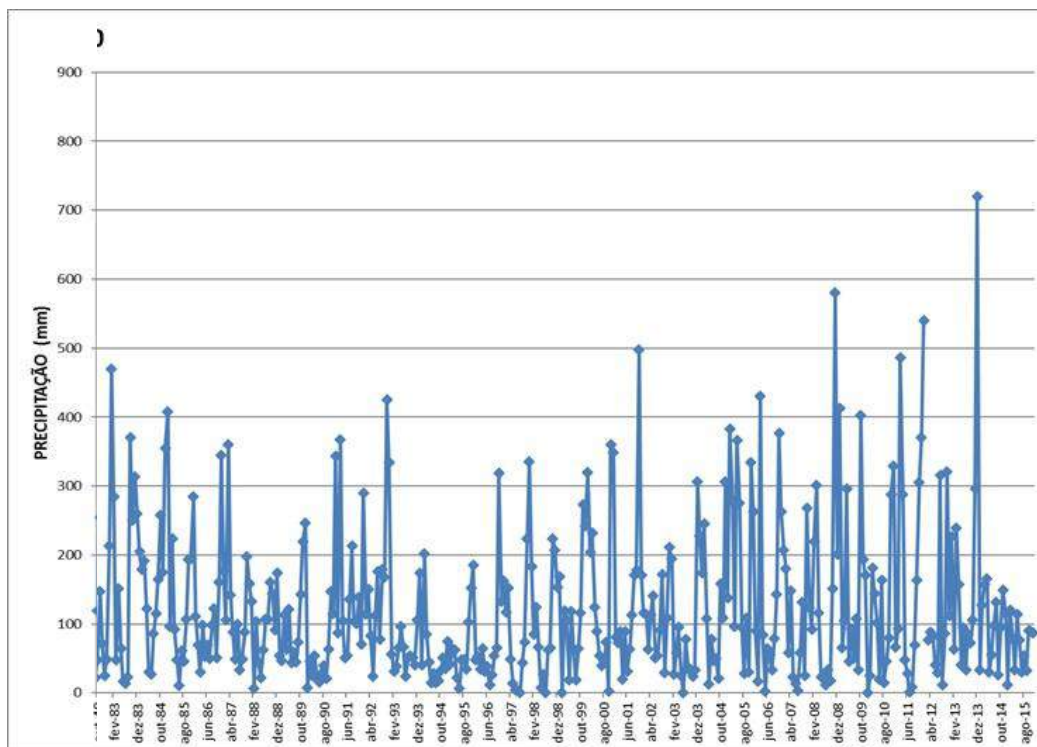


Figura 8 - Volume precipitação máxima mensal, continuação. Fonte: FLORENZANO, 2016

As figuras 7 e 8 demonstram que os picos de precipitação máxima mensal foram em outubro de 1959 e dezembro de 2013. Contudo, destaca-se que a média mensal não reflete os valores absolutos diários; podendo incidir sobre a região grande volume de precipitação em poucos dias, permanecendo sem novas ocorrências durante vários dias.

Com relação às informações sobre a umidade relativa do ar, em Santa Leopoldina não há estação de monitoramento climático por essa medida. Portanto, para análise da umidade relativa, são utilizados os dados fornecidos pelo Incaper, da estação existente mais próxima de Santa Leopoldina, localizada em Santa Teresa. Vale destacar, os dados se dividem em dois momentos: de 1977 a 2007, quando a estação ainda é convencional, e a partir de 2008, quando esta torna-se automática e tem sua localização alterada. Assim, com base nas informações fornecidas pelo Incaper, elabora-se um gráfico (Figura 9 e 10) com os valores de umidade relativa do ar das médias mensais de 1977 a 2004 e de 2007 a 2015 (não são fornecidos valores de 2004 a 2007).

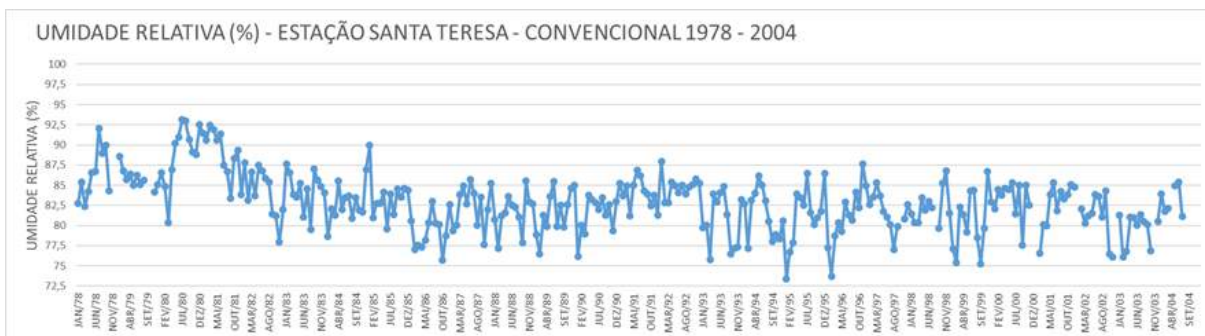


Figura 9 – Umidade relativa – Estação Santa Teresa – Convencional. Fonte: FLORENZANO, 2016



Figura 10 – Umidade relativa – Estação Santa Teresa – Automática. Fonte: FLORENZANO, 2016

A análise das figuras 8 e 9 revela alto índice de umidade relativa, registrando picos elevados em 1978, 1980 e 1981, com períodos de índices mais baixos entre 1982 e 2004, e subindo a partir de 2008 até 2015, com pico máximo de 95,69% em outubro de 2012. Sobre as inundações ocorridas no núcleo urbano de Santa Leopoldina, é possível verificar todos os níveis máximos mensais atingidos pelo Rio Santa Maria com base nos dados coletados da ANA, a partir de 1949, data de instalação da estação de Santa Leopoldina (57130000) até dezembro de 2015 (Figura 11).

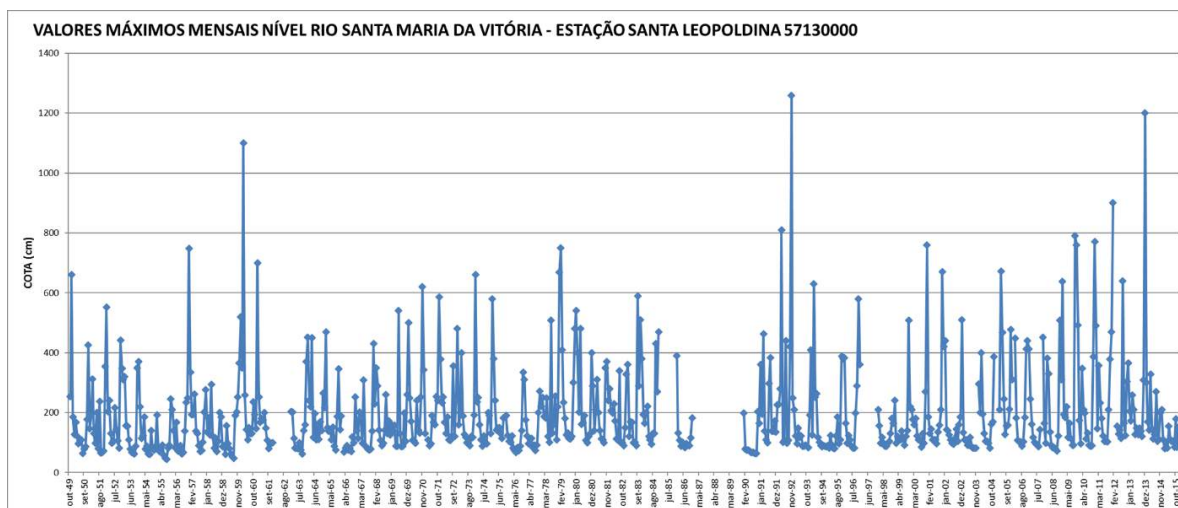


Figura 11 – Valores máximos mensais do rio Santa Maria da Vitória. Fonte: FLORENZANO, 2016

A partir de outro gráfico, é possível comparar registros de maior índice pluviométrico com os valores máximos dos níveis do Rio Santa Maria (Figura 12).

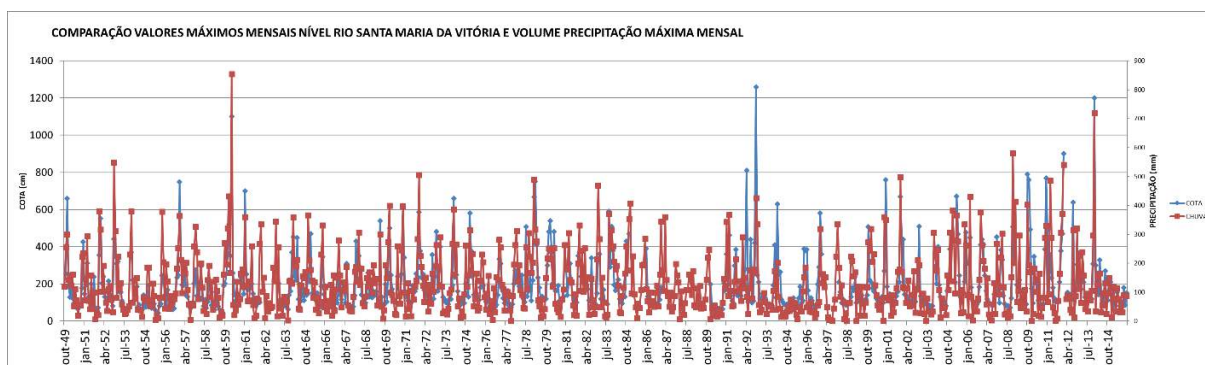


Figura 12 – Comparação nível rio e volume precipitação máxima mensal. Fonte: FLORENZANO, 2016

Por meio da figura 12 é possível verificar algumas datas de coincidência de altos índices pluviométricos e cotas elevadas do nível do Rio Santa Maria, como em março de 1960, data em que o rio atinge 11m de nível e o volume de precipitação 854mm. Entretanto, não é possível correlacionar, diretamente, as chuvas com a elevação do nível do rio, pois em datas com registro de inundação do Rio Santa Maria, como novembro de 1992, ano que o rio registra 12,58m de elevação, não há registro de grandes volumes de precipitação, sendo a média desse mês de 425,2mm. Esse resultado também pode ser reflexo da dificuldade de realizar análise dos índices de precipitação com base nos valores das médias mensais.

3. CONCLUSÕES

Com a interpretação analítica dos gráficos, verifica-se que, nos últimos dezesseis anos, o núcleo urbano da cidade é atingido por três inundações que impactam profundamente para a deterioração das edificações e do núcleo urbano de forma geral. Ainda, os valores das cotas de nível do Rio Santa Maria se tornam mais elevados, de forma geral, a partir de 1992, quando se registra o valor máximo de 12,58m. A partir dessa data, em 2001, registra-se nível de 7.60m; em 2009, 7.90m; em 2012, 7.60m; ou seja, um aumento considerável, atingido seu máximo em dezembro de 2013, ao atingir 12m. Portanto, pode-se concluir, comparadas ao número de ocorrências entre 1949 e 1992, as inundações estão ocorrendo com uma frequência maior, no núcleo urbano de Santa Leopoldina.

Correlacionando o aumento da frequência das inundações e das precipitações elevadas com a degradação do material construtivo, convém ressaltar a materialidade das edificações, erguidas com tijolos cerâmicos maciços oriundos de fabricação artesanal local (Florenzano, 2016). Tendo em vista se tratar de material extremamente poroso, característica, inclusive, bastante frequente nos materiais históricos², a umidade contribui para a aceleração da degradação, devido à tensão de cristalização e às eflorescências salinas, e para a diminuição da resistência mecânica dos tijolos cerâmicos.

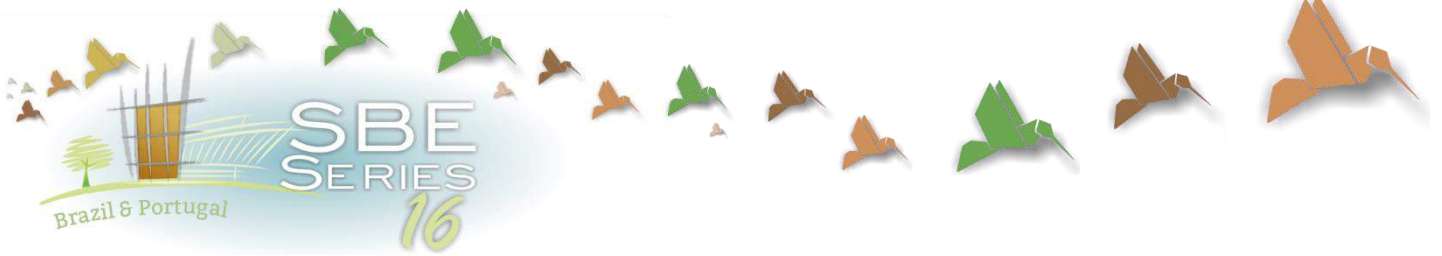
² Sobre a porosidade, Elert et al (2003) destacam que a porosidade dos tijolos em edifícios históricos varia entre 30-38%, o que aumenta a probabilidade de um maior teor de água circulando no material. Martinez et al (2015) observam que esta porosidade combinada com a baixa resistência mecânica torna o tijolo ainda mais suscetível às degradações. Sabe-se que a porosidade e a resistência mecânica dos tijolos cerâmicos também derivam do seu processo de fabricação, sendo os tijolos artesanais, em geral, menos compactados, mais porosos e com menor resistência à compressão.

Portanto, deve-se atentar para a condição de alerta quanto à durabilidade das edificações históricas de Santa Leopoldina. Considerando o cenário descrito, verifica-se, especialmente quando se analisa os gráficos elaborados, que a taxa de umidade da região é extremamente alta, com média aproximada de 85 a 87,5%, e que esta vem crescendo ao longo dos últimos anos, o que também ocasiona fator de risco para as edificações históricas, cujas alvenarias se encontram com teor elevado de cloretos, tendo, em alguns casos, sulfatos e nitratos; sendo esses sais solúveis que absorvem a umidade do ar devido à higroscopia (Florenzano, 2016).

Por fim, quando considera-se transmitir o Sítio histórico de Santa Leopoldina em perfeitas condições para a geração seguinte, deve-se ressaltar a tarefa multidisciplinar para que, de fato, medidas concretas de salvaguarda sejam efetivadas em conjuntos patrimoniais localizados em condições climáticas similares. As inundações têm causado grandes desastres no Brasil, gerando forte impacto negativo sobre os núcleos urbanos e a segurança da população. De fato, é possível afirmar, o país carece de uma política de monitoramento e controle dos desastres naturais para, dessa forma, perdas serem amenizadas ou até inibidas. Com relação ao patrimônio arquitetônico, a falta de conhecimento por parte do governo municipal dos impactos das mudanças climáticas nas estruturas históricas reduz as possibilidades de prolongamento da vida útil das edificações.

REFERÊNCIAS

- Amaral, R. & Ribeiro, R. 2009. In *Desastres naturais: conhecer para prevenir*. São Paulo: Instituto Geológico.
- Elert, K., Cultrone, G., Navarro, C. & Pardo, E. 2003. Durability of bricks used in the conservation of historic buildings – Influence of composition and microstructure. *Journal of culture heritage*.
- ESPÍRITO SANTO (Estado). 2009. Secretaria de Estado da Cultura. Conselho Estadual da Cultura. *Arquitetura / Patrimônio Cultural do Espírito Santo*. Vitória: SECULT.
- Florenzano, L. 2016. *Conservação de tijolo cerâmico em alvenarias históricas: subsídios para restauração do sítio histórico de Santa Leopoldina-ES*. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Espírito Santo.
- Gurriere, F. & Tampone, G. 2000. *Catastrofi naturali e Beni culturali: Strategie di prevenzione e riabilitazione*. Florença: Università degli studi de Firenze.
- Min, K., Zhang, X., Zwiers, F. W. & Hegerl, G. 2011. Human contribution to more-intense precipitation extremes. In: *Nature*, v. 470.
- Marengo, J. A., Schaeffer, R., Pinto, H.S. & Zee, D.M.W. 2009. *Mudanças climáticas, condições meteorológicas extremas e eventos climáticos no Brasil*. Rio de Janeiro: Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (FBDS).
- Martinez, P., Soto, Melissa; Zunino, Franco; Stuckrath, Claudia; Lopez, Mauricio. 2015. Effectiveness of tetra-ethyl-ortho-silicate (TEOS) consolidation of fired-clay bricks manufactured with different calcination temperatures. *Construction and Building Materials*.
- Schwarz, F. 1992. *O Município de Santa Leopoldina*. Vitória: Traço Certo Editora.
- Silva, J. P. da; Mazzini, M., Almeida, R. H. de, & Queiroz, R. Z. 2013. Recurso informacional no monitoramento da conservação da ambiência de sítios históricos urbanos - Ensaio no Sítio Histórico de Santa Leopoldina. In *ARQUIMEMÓRIA 4*, Salvador.
- Tampone, G. Damages to monuments by flooding and flows of water: Types of damage to architectural monuments caused by flooding. In *Catastrofi naturali e Beni culturali: Strategie di prevenzione e riabilitazione* (a cura di Francesco Gurrieri e Gennaro Tampone). Florença: Università degli studi de Firenze.
- TOMINAGA, L. K. 2009. Desastres naturais: porque ocorrem? In: *Desastres naturais: conhecer para prevenir*. São Paulo: Instituto Geológico.



Climate Change Adaptation Plans in Latin American Cities

Bárbara César Barros

Federal University of Rio de Janeiro, Urban Engineering Program, Polytechnic School, Laboratory of Sustainable Urban Projects, Rio de Janeiro (RJ), Brazil

barbaracbarros@gmail.com

Angela Maria Gabriella Rossi

Federal University of Rio de Janeiro, Urban Engineering Program, Polytechnic School, Laboratory of Sustainable Urban Projects, Rio de Janeiro (RJ), Brazil

gabriella.rossi@poli.ufrj.br

ABSTRACT: Climate change will be a reality that cities must face in the coming decades. The magnitude of the impacts will depend on the capacity of cities to reduce their vulnerability and expand their capacity to cope with these changes. In this way, Latin American cities are likely to be seriously affected by climate change because they have a high rate of urban poverty, lack of appropriate infrastructure, as well as a significant number of people living in slums located on environmentally fragile sites. This research aims to analyze qualitatively the current state of the art of adaptation of cities in the Latin American scenario by identifying the cities that have already designed an Adaptation Plan, and the level which this document addresses adaptation issues, such as reduction of vulnerabilities in urban areas and improvement of adaptation capacity. Therefore, this paper will firstly conduct a literature review related to climate change adaptation, regarding concepts like vulnerability, risk and adaptive capacity considering the Intergovernmental Panel on Climate Change concepts (IPCC, 2014); and secondly, it will examine the Adaptation Plans, together with scientific articles related to them. Finally, it will discuss the level of Climate Adaptation aspects through those selected plans. This work is part of the research being developed as a Master's thesis.

Keywords *Climate Change, Adaptation Plans, Planning for Climate Change, Latin America adaptation plans.*

1. INTRODUCTION

The warming of global temperatures is already considered an irreversible phenomenon that humanity must face in the coming decades. Among the expected effects will be an increase in average temperatures, a rise in average sea levels, changes in precipitation, and increasing intensity and frequency of extreme weather events such as hurricanes, heat waves, droughts, forest fires, among others. (IPCC, 2014). These will be hazards for sustainable urban development of cities, resulting in loss of human lives and ecosystems, damage to urban infrastructure and buildings, problems for the provision of urban services, etc. In addition, there is a need for cities to mitigate the factors that induce and negatively affect climate change, in conjunction with its adaptations to new climate realities. In this sense the idea of "adaptation" seeks to prevent or reduce future damage from various sources, as well as explore new opportunities and benefits to reduce poverty, improve of housing and provide of public services, technological advances and information, together with the improvement of urban governance. It is what is conceptually called adaptive capacity, which is the ability of people, institutions and ecosystems to adapt to these new climate scenarios (IPCC, 2014). Adaptation also contributes to improving urban resilience – the ability of social, economic and environmental systems to bounce back from dangerous disturbances, in way to return of an initial or improved function (IPCC, 2014, UN-HABITAT, 2014, Carter et al., 2015)

Climate change adaptation needs to be integrated holistically in urban planning and management in collaboration with society and stakeholders. Therefore, it is important to make citizens aware of risks that climate change can damage in the quality of life and human health, in natural ecosystems, and in social and economic systems. In addition, the propensity and magnitude of climate change impacts on natural and urban environmental will rely on negative characteristics of physical, socio-economic and environmental systems and receptors (IPCC, 2014, UN-HABITAT, 2014). Those characteristics can be called of vulnerabilities, and there are strongly influenced by institutional and economic dynamics (Adger et al., 2012). The adaptation approach seeks to reduce vulnerabilities, while enhance adaptation capacity (IPCC, 2014, UN-HABITAT, 2014).

Regarding the discussion above, the Latin American cities are in a delicate situation to face climate change. The region has been highlighted in worldwide context as the most urbanized region in the world (UN-Habitat, 2012), and, despite the advances of recent decades, the Latin American cities still have a high rate of urban poverty and bad education, lack of basic urban infrastructures and services such as water and sanitation, and housing shortage (Romero Lankao, 2007). In addition, the large amount of poor population living in slums in environmentally sensitive sites - such as hillsides, riverbanks and beaches - tend to be the ones most severely affected by climate change impacts, and the ones least able to cope with (Adger et al., 2012). Furthermore, the region lacks of prepared governances and long-term planning (Wamsler, et al., 2013, Romero-Lankao, et al., 2013).

In this sense, this article analyzes qualitatively the current state of Climate Change Adaptation Plans in Latin America large cities. The methodology used to achieve this aim consisted firstly in a literature review about the theory related to Climate Change and Adaptation Plans, followed by the identification of large Latin-American cities that have already drafted Adaptation Plans. Moreover, the cities Santiago de Chile (CHI) Bogotá

(COL) and Mexico D.F. (MEX) were selected because they presented the most recent Plans. Those plans were analyzed by the following adaptation aspects: water management, protection of ecosystems, eco-urbanism/urban planning and development, green buildings, energy, urban mobility, waste management, adaptation of infrastructures, risk reduction, social and institutional capacity. Finally, a qualitatively and comparative analysis was made in order to understand the Latin-American adaptation scenario through those selected plans.

2. ADAPTATION PLANNING FOR CLIMATE CHANGE

In relation to all complexity and cross-cutting fields involved in climate change, the Adaptation Planning should focus on an integrated, participatory, values-based and strategic approach to be effective. This means that an Adaptation Plan should seek synergies to others policies, programmes and projects related to climate change that are in course, for example natural resource management plans, disaster preparedness programmes, sustainable urban planning and development, economic development plans, among others. As well, it is important to make smart choices regarding the use of available natural and economic resources when designing adaptation measures, it is necessary to always seek co-benefits measures and efficient spending. Furthermore, the planning should embrace important community values, such as urban sustainable development and poverty reduction. In this sense the engagement of stakeholders, city practitioners and leaders in planning and monitoring of actions are also a crucial issue to achieve in an Adaptation Plan (UN-HABITAT, 2014, Fussel, 2007, Ribeiro, et al., 2009).

There are many definitions and characteristics of adaptation. In this paper, we use the concept of G.R. Biesbroek et al. (2010, 441p., apud Niang-Diop and Bosch, 2005) which define an Adaptation Plan as ‘. . . a general plan of action for addressing the impacts of climate change, including climate variability and extremes. It will include a mix of policies and measures with the overarching objective of reducing the country’s vulnerability. Depending on the circumstances, the strategy can be comprehensive at a national level, addressing adaptation across sectors, regions and vulnerable populations, or it can be more limited, focusing on just one or two sectors or regions’.

The major scope of an Adaptation Plan contains four main areas: (1) assessment and management of impacts, risks and vulnerabilities; (2) integration climate change adaptation (and mitigation) into existing city plans, policies, programmes and planning process; (3) improvement of the social and institutional adaptation capacity (awareness, knowledge, skills and resources); (4) enhance cross-cutting relations among governmental institutions, third sector, academia and stakeholders (UN-HABITAT, 2014, Ribeiro, et al., 2009). In addition, adaptation frameworks should respect local characteristics, prioritize the main issues and treats for the city sustainable goals, be conscious of the life-cycle of planning, building and infrastructure (Carter et al., 2015).

The scope of a Climate Change Adaptation Plan should assess what will be the climatic differences between future and past scenarios. On the basis of this information, it will be possible to suggest what types of measures should be addressed in the plan (Fussel, 2007). Moreover, the approach of the Adaptation Plan can vary in robust hazards and

impacts assessments, risk assessments, qualitative vulnerability assessments based on city practitioners and stakeholders experience and socioeconomic data, or a mix among all (GIZ, 2014, Ribeiro, et al., 2009).

The direction of the planning depends on the institutional capacity, political will, access of information and data, awareness and enrollment of stakeholders, as well with the level and complexity of vulnerability present in the city. The selection of strategies and adaptation measures should be aligned to the planning objectives, reduction of the urban risks and vulnerabilities, and the municipal economic funds. In this sense developing countries usually lack in resources, data and properly governances. Thus, it has been shown a satisfactory strategy the focus on reducing vulnerabilities measures, especially pro-poor, and solutions that bring multiple benefits to the city (GIZ, 2014, Adger et al., 2012).

Moreover, the arrangement of grey, green and blue measures has been presented a good opportunity to improve quality of life, social cohesion and health to urban environmental into the cities. Grey measures can be understood as actions in man-made infrastructures, like improvement or maintenance of dikes, sewerage and drainage systems. In contrast, Green and Blue infrastructures are measures based on natural process and re-naturalization of ecosystems, and can be opportunities to mitigate and adapt the externalities of urbanization in urban environment. The examples can be related to the flexible uses of water lands that protect from flooding as well as an open space for recreation and fresh air the cities; the use of green wall and roof to absorb the heat and improve quality of the city environmental, etc (Wamsler et al., 2013, Carter et al., 2015).

3. ADAPTATION PLANNING IN LARGE LATIN AMERICAN CITIES

Making a comparison between large cities in Latin America is challenging. Firstly, the cities are complex in their level of development, size of population, housing and urban services provisions, inequality, and political and institutional capacity (Krellenberg & Heinrichs, 2010). Regarding urbanization patterns, Latin-American cities present some similarities, such as the formation of large metropolitan areas, characterized by an extremely high population density growing at fast rate, and socio-economic and territorial inequalities (Hardoy & Romero Lankao, 2011). The region also presents a large urban sprawl associated with a highly speculative real estate market, which results in the expulsion of poor people from the inner city areas to occupy urban fringes and/or high-risk environmental sites without access to goods, urban services and infrastructure. As a consequence, the territorial distribution of the risks and impacts are unequal in the region, where the poor are the most sensitive to the impacts of climate hazards, and the least able to cope with them (Hardoy & Romero Lankao, 2011; UN-HABITAT, 2012, Adger et al., 2012).

Secondly, the cities are located in different climate zones and tend to face distinct climate changes impacts. By the same token, IPCC's prediction models foresee that the major trends for the region will be an increase in average temperatures of up to 6.7 ° C by the end of the century, in addition to a variation of average precipitation levels (IPCC, WGII, Cap 27, 2014). The urban impacts will be most related to changes in precipitations levels,

resulting in flooding, landslides, water supply problems, impacts on ecosystems, human health, among others. Moreover, the Latin American urban areas will have to face problems related to air pollution on health (Romero Lankao, 2007).

Regarding large Latin American cities, only eight big cities have already developed their Adaptation Plans, such as São Paulo (in 2009), Montevideo (in 2010), Buenos Aires (in 2010), Lima (in 2012), Quito (in 2012), Santiago (in 2012), Bogota (in 2012) and Mexico City (in 2014). Overall, those plans deal with adaptation and mitigation concerns, presents greenhouse gases inventory of emissions, as well as with impact or top-down assessments supported by scientists, and vulnerability assessments (Hardoy & Romero Lankao, 2011).

This research study will analyze and compare qualitatively the three most up to date adaptation plans elaborated in the cities of Santiago, Bogotá and México D.F.

a. Santiago de Chile

Santiago is the capital of Chile and its metropolitan region represents an agglomeration of more than six million inhabitants. It is located in a subtropical central zone in between two Andean mountain ranges. The climate is dry in general, with an annual average temperature of 14 ° C and precipitation of 312.5 mm (Krellenberg et al, 2014). The major trends expected as a result of climate change will be an increase in the average temperature of 2.5°C by to 2065, and 3-4 ° C from 2071 to 2100, and a decrease of more than 40% in rainfall by the same period. Moreover, the number of days with temperatures above 30°C is expected to increase to up 30% in urban areas. Additionally, the number of days below zero degrees Celsius is also expected to decrease. The impacts of Climate Change will prolong dry periods and generate a water demand for human, agricultural, industrial and energy supply, addition to extreme situations of water shortages, related to melting snow in the Andes glaciers. (PACCRMS, 2012, Krellenberg et al, 2014).

The city developed its Adaptation Plan for the metropolitan region (PACCRMS) in 2012. It is a product of a broad research project known as Climate Adaptation Santiago (CAS), which primarily focuses on adaptation. Moreover, first, it had a top-down approach based on the interdisciplinary work of fifteen social, natural and engineering scientists from two Helmholtz Center, in Germany, and from the University of Santiago de Chile. Second, it engaged stakeholders from both public and private sectors, civil society and academia to select and design robust adaptation measures for the city (Krellenberg, Katrin, 2014).

b. Bogotá

The Colombian Capital, Bogotá, is a large city with a population of more than 7 million inhabitants (DANE, 2015). It is geographically located on the equatorial belt, and it has a climate characterized by an average annual temperature of 13.5°C, and precipitation levels varying between 600mm and 1,200mm. The city climate is also affected by the intertropical convergence zone and trade winds, as well as by extreme weather events such as the El Niño and La Niña phenomena (Krellenberg et al, 2014). Regarding vulnerability, Bogotá deals with big issues like its spatial and income inequality, and its expected population growth, especially the Cudinamarca area which is expected to experience a population growth of 260% by 2050 (PDAMVCC, 2014). The hazards expected as a result of Climate Change will cause an upward trend in average temperature

between 2 and 4 ° C by 2070, in addition to a reduction of rainfall levels in specific areas of the city by more than 30%, such as the Bogotá river basin where the city is located (Krellenberg et al, 2014). In contrast, the rainfall on the other side of Bogotá in the river basin – where the greater water flows are located – will increase. As a consequence, the major impacts expected are an increase in vector-diseases such as malaria and dengue; desertification, altering agriculture, erosion and flooding, habitat changes and potential loss of biodiversity, affecting ecosystems - especially for the Andean and sub-Andean forests, wetlands and high Andean xeric shrublands – and finally changes in the production of hydro energy and water supply (PDAMVCC, 2014).

This research focuses on the document “Plan Distrital de Adaptación y Mitigación a la Variabilidad y el Cambio Climático”(PDAMVCC, 2014), developed by the Environment Municipal Office (Secretaría Distrital de Ambiente) in 2014. The Plan’s approach is both Adaptation and Mitigation, and aspects of reducing vulnerabilities and enhancing adaptation capacities. The city’s main vision is to transform Bogota into a green territory, designed around the water sources, and collaborative with its neighboring cities. Moreover, Bogota will also be adapted and mitigated for the impacts of climate change, and the citizen quality of life and the ecosystems environmental health will be improved by 2038.

c. Mexico D.F.

The capital of Mexico is a Federal District divided into 16 delegations, which occupying a land area of 1,495 km². The city is one of the biggest in the world, with a population of 8,851,080 inhabitants (in 2010) and its metropolitan area approximates around 19 million inhabitants. Its geographic location is inside the Valley of Mexico, situated at an altitude of 2,240 meters above sea level, and built above three river basins: Panuco, Balsas and Lerma Santiago. In addition, the territory of Mexico D.F. is composed of 41% by urban areas and 59% by conservation land. The city has a predominantly humid temperate climate (87%), however it has a few regions of semidry climate. The average annual temperature ranges between 10 ° C to 18 ° C. The annual rainfall can reach up to 1,400 mm in the humid temperature region, and 600 mm in the semidry region (UNAM, 2013 apud ELACCM, 2014). The climate change scenario predicted will encompass an increase in average temperatures, which can reach up to 4°C by 2080, as well as an increase in precipitation level of 20%. Extreme climate events, such as droughts and heat waves, will also be expected (KRELLENBERG et al, 2014). The major impacts related will be related to changes in the rainfall seasonality, which results in floodings, landslides, agricultural problems, development of disease vectors or pests, changes in biomes and biological biodiversity, shortage of water resources and hydro power for electricity, among others. The major risk will be related to water supply and contamination of water resources as an effect of the increase in population (ELACCM, 2014).

Its Adaptation Plan (ELACCM) was developed in 2014 and encompasses both Mexico City and its metropolitan region. The document has a broad approach to Adaptation, Mitigation and Resilience, in addition to the improvement of adaptation capacities. The main objective is to promote quality of life and sustainable development on the basis of low carbon economic development, as well to engage society and the government in order to mitigate climate change and prevent risks (ELACCM, 2014). Furthermore, the document

was designed by the Mario Molina energy and environmental research center and the Environment Municipal Office.

4. COMPARATIVE ANALYSIS

In this research, the adaptation plans of Santiago de Chile, Bogota and Mexico D.F. were analyzed for their most important aspects: Water management, Ecosystems Protection, Eco-urbanism and Urban Planning, Green Buildings, Energy, Urban Mobility, Waste Management, Adaptation of Infrastructures, Risks reduction, and Social and Institutional Capacity. These aspects address mitigation and/or adaptation concerns and are related to measures and strategies in the cities' being in study. Furthermore, the information obtained was systematized in Table 1. It should be noted that it is common to find synergies and co-benefits in these adaptation measures and strategies presented in the plans, but in order to avoid redundancies, the aspects were selected for their main topics. However, one aspect was not mentioned directly in the scope of the studied plans, which is health. Although there is a consensus that all adaptation measures and strategies should positively affect human and environmental health, the plans failed to address a specific measure to deal directly with climate change impacts in health, such as the increased incidence of diseases vectors like Dengue, or respiratory diseases related to climate and air quality, like asthma and bronchitis.

Regarding the aspects presented before, it was noted that, firstly, Santiago and Bogota have more addressed water management than Mexico D.F. In both the importance of the management and restoration of the most important rivers basins of the cities and wetlands was mentioned. Moreover, is important to highlight the vision presented in Bogota's plan: "Bogota around the Water," which denotes the importance of water sensing planning and design in the scope of the Plan. It should also be noted that one of the major challenges expected to affect Mexico D.F will be water stress, with concerns ranging from water supply for the increasing population to contamination of water resources, so the Mexico D.F. Adaptation Plan failed to mention the adaptation strategies related to water supply. In addition, ecosystem protection was better incorporated in Bogota's Adaptation Plan. One of the strategies proposed was a conservation program for the "Páramos" corridors, which are important Andean ecosystems and waterlands. Eco-urbanism and Urban Planning were highlighted by all plans. The City of Santiago presented as an adaptation measure, the establishment and management of green areas through popular participation. In Bogotá, the Plan's strategy was the use of urban policies in favor of Eco-urbanism design and planning, as well as the reduction of population vulnerability through territorial planning. In the case of Mexico City, the creation of a territorial planning program has been proposed, which integrates urban environmental policies and the sustainable rehabilitation of intra-urban areas.

Furthermore, Green Buildings was also shown in all of the cities' plans. The cities of Santiago and Bogota have focused their attention on aspects of mitigation, like regulatory policies to promote new sustainable buildings and green investments, for example the use of green roofs and green walls, and measures for the reduction of energy and water consumption, among others. In contrast, Mexico D.F. strategy of retrofit buildings in urban areas is worthy of recognition. Energy is an important aspect of planning for climate

change, especially for the cities being studied, where the danger lowering levels of rainfall could affect energy security because of their reliance on hydro-energy. The Santiago, Bogotá and México D.F. strategies and measures are in line with diversification of energy sources on major focus on sustainable sources, as well as energy saving measures. In addition, the urban mobility approach was only addressed by Bogota and Mexico D.F. plans. Bogotá has added its Master Mobility Plan, which focuses on promoting the use of bicycles and conversions for hybrids and electric cars. In the case of Mexico D.F., the use of energy efficiency measures in public transport systems was proposed.

Table 1. Comparative Analysis among Santiago, Bogota and Mexico D.F. Adaptation Plans

Cities	Water management	Protection of ecosystems	Ecurbanism/ Urban planning and development	Green Buildings	Energy	
Santiago	Utilization of the existing irrigation channels along the Andean waterways to minimize the risk of flooding; The implementation of a water management structure for the River basin of Maipo / Mapocho;	-	Management and creation of urban green areas through public participation;	Green Factor in new (public and commercial) buildings; Implementation of Green Roofs; Introducing sanitary facilities of low water consumption in homes and existing hotels; Reducing energy consumption in buildings;	Passive cooling for low-income households; Diversification of energy sources for energy supply;	
Bogotá	Recovery of Bogotá River Basin and wetlands.	Conservation of Páramos's corridors program	Public policies of Ecurbanism; Reduce the vulnerability of the population by territorial planning.	Public policies of sustainable construction	Energy security	
Mexico City	Conservation of soil and water in Preservation Areas;	Public Police for Protection, Preservation and Sustainable Use of Biodiversity in the Federal District;	Creating a territorial planning program for Mexico City that integrates environmental and urban policies; Increased green rehabilitation of intra-urban area;	Program for the identification of underutilized premises or buildings and definition of the strategies to increase use and rehabilitation	Electric power savings program in the operation of wells and pumping plants	
Cities	Urban Mobility	Waste management	Adaptation of Infrastructures	Risk Reduction	Social Capacity	Institutional Capacity
Santiago	-	-	-	-	Education on climate change and energy; Public awareness about treatment and re-use of gray water and the implementation of the system in new residential areas;	Monitoring system for climate change - WebGIS
Bogotá	Master Mobility Plan: promotion of bicycle use and conversion of car's motors to hybrid and electric systems.	Integrated Waste Management	Adaptive infrastructure	-	Formal and Informal Education	Regional Integrated Climate Change Plan; Special regional administrative planning.
Mexico City	Modernization actions and energy efficiency in the Public Transport System; Implementation of new Metrobus corridors; Implementation of schemes for intermodal mobility in strategic areas of the city;	Use of technologies to take advantage of the city's solid waste output	Program of suppression of leakage and rehabilitation of pipes	Update the Atlas of dangers and risks of the DF; Hydro-meteorological risks prevention program	Public access of climate change concepts in information centers at museums; Development of an environmental education catalog;	Design of a climate change environmental fund for Mexico City; Regulate freight transport; Improvement of adaptation indicators; Creation of mitigation indicators;

Waste management is a mitigation approach and it was presented in the Bogota and Mexico D.F. plans. In addition, the adaptation of infrastructures was presented in both cities' plans, and it was observed that the Mexico D.F. plan gave attention to ending leaks and rehabilitation pipelines program. Risk Reduction was only mentioned directly by the Mexico City Plan, which presented, as strategies, the mapping of risk areas and a prevention of rainfall risks program. The social and institutional capacity aspects are important soft measures that affect directly how far the Adaptation Plan can reach. They are related to the organization of the society, and institutional bodies, and how they are prepared to cope with extreme weather events. Regarding the Adaptation Plan in study, it

could be noticed that all plans focused on development of urban legislations, buildings codes, generation of data, open access to information for members of society, etc. In this sense, the creation of Santiago's WebGis monitoring system and Mexico D.F.'s climate change fund stand out among the measures. Furthermore, all plans addressed metropolitan planning integration in their scopes, which demonstrates that it is already a consensus that climate change do not rely on administrative boundaries, so it is fundamental a comprehensive territorial planning to achieve the desired adaptation and mitigation goals. In addition, it is very positive that all cities in study have been developing indicators to monitor their Plans. Santiago has already drawn up its indicators, and Bogota and Mexico D.F.'s indicators are in study. Plans' long-term indicators are important to evaluate the effectiveness and efficiency of policies and actions implemented, hence allowing evaluating plan's success levels achieved.

Finally, as an additional information, this research have searched on the official websites of Cities government departments what actions are being taken or carried out relating to the Adaptation Plans field. In this regard, Santiago city has been projecting the first park in its metropolitan area (*La Reserva Nacional Río Clarillo*); as well as Santiago has started actions for the reforestation of Cerro Chena Metropolitan Park; has enrolled in natural disasters resilience issues; has elaborated city school campaigns for use efficient water. Additionally, Bogota has elaborated regulatory actions in favor of energy saving; has decided to plant 2,900 trees in the area of the *Cerros Orientales*; has been designing the Thomas Van Der Hammen forest reserve forest reserve; has been developing a plan focused in urban rivers quality improvement; has been organization a Bogota Climate Commission and Climate Pact . In contrast, it was not possible to find information related to the Adaptation Plan in Mexico D.F. However, it was found that Santiago and Mexico DF have approved a Climate Change fund focusing on investment in the use of bicycles due to climate change mitigation.

5. CONCLUSIONS

Adaptation Plan's approach is a key element for Cities to face climate change. It is important that an Adaptation Plan enhances institutional and social adaptation capacities, impacts/risks and vulnerabilities assessments, promotion of cross-cutting relations among institutions and stakeholders, integration of the adaptation plan into others plans in course on city planning, and development of adaptation measures and strategies that focus on reduction of vulnerabilities and the improvement of adaptation in urban and natural environmental. In addition, Latin America climate predictions have shown that an urgent urban sustainable development agenda will be necessary to reinforce the cities' abilities to cope with the climate hazards and impacts. In this sense, pro-poor strategies and no-regret measures will be more suitable to the region urban context. Although few cities have already elaborated the adaptation plans, the climate change concern is increasing in the region. Santiago, Bogota and Mexico D.F.'s adaptation plans have satisfactorily addressed adaptation and mitigation concerns on their sustainable development objectives. On the other hand, adaptation planning needs a long-term agenda, and this will be challenging for the most of Latin-American municipalities, especially because they usually lack integrated government arrangements and properly distribution of data and technical frameworks. Due to that, it is even more important to

develop mechanisms to monitor the measures and strategies, in order to analyze the effectiveness and efficiency of those in dealing to climate change disturbances. Finally, it is also important to emphasize those others institutional agendas must integrate adaptation urban planning, as well as stakeholders and city community must engage climate change issue. That is the only way to make adaptation planning reality.

REFERENCES

- Biesbroek, G. R. ; Swart, R. J. ; Carter, T. R. ; Cowan, C. ; Henrichs, T. ; Mela, H. ; Morecroft, M. D. ; Rey, D. 2010. Europe adapts to climate change: Comparing National Adaptation Strategies. *Global Environmental Change* 20:440–450.
- Bogota, 2014. Plan Distrital de Adaptación y Mitigación a la Variabilidad Climática -PDAMVCC.
- Bogota – DANE (2005) Censo General .Carter, J. G; Cavan, G.; Connelly, A.; Guy, S.; Handley, J. 2015. Climate change and the city : Building capacity for urban adaptation. *Journal Progress in Planning* 95: 1–66.
- Fussler, H. 2007. Adaptation planning for climate change: Concepts, assessment approaches, and key lessons. *Sustainability Science* 2:265–275.
- GIZ, 2014. *The Vulnerability Sourcebook: Concept and guidelines for standardized vulnerability assessments*. Eschborn&Bonn: GIZ.
- Hardoy, J. & Romero Lankao, P. 2011. Latin American cities and climate change: challenges and options to mitigation and adaptation responses. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 3:158–163.
- IPCC, 2014. Summary for policymakers. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. pp. 1-32. Cambridge&New York: University Press.
- Krellenberg, K.; Jordán, R.; Rehner, J.; Schwarz, A.; Infante, B.; Barth, K.; Pérez, A. 2014. *Adaptation to Climate Change in Megacities of Latin America - Regional Learning Network of the Research Project Climate Adaptation Santiago (CAS)*. Santiago: United Nations.
- Krellenberg, K.; Katrin, B. 2014. Inter- and Transdisciplinary Research for Planning Climate Change Adaptation Responses: The Example of Santiago de Chile. *INTERDISCIPLINARY SCIENCE REVIEWS* 39(4):360–75.
- Mexico D.F. 2014a. Estrategia Local de Acción Climática Ciudad de México - ELACCM 2014-2020.
- Mexico D.F. 2014b. Programa de Acción Climática Ciudad de México 2014-2020.
- Ribeiro, M., Losenno, C., Dworak, T., Massey, E., Swart, R., Benzie, M., Laaser, C. 2009. *Design of guidelines for the elaboration of Regional Climate Change Adaptations Strategies*. Study for European Commission - DG Environment. Vienna: Ecologic Institute.
- Romero-Lankao, P.; Hughes, S.; Rosas-Huerta, A.; Borquez, R.; Gnatz, D. 2013. Institutional capacity for climate change responses: An examination of construction and pathways in Mexico City and Santiago. *Environment and Planning C: Government and Policy* 31: 785 – 805.
- Romero Lankao, P. 2007. Are we missing the point? Particularities of urbanization, sustainability and carbon emissions in Latin American cities. *Environment & Urbanization: International Institute for Environment and Development (IIED)* 19(1): 159–175.
- Santiago, 2012. Plan de Adaptación al cambio climático para la región metropolitana de Santiago - PACCRMS.
- Santiago, 2012. Climate Adaptation Santiago – CAS.
- UN-HABITAT, 2012. State of latin american and caribbean cities. Nairobi: United Nations.
- UN-HABITAT. 2014. Planning for Climate Change: A strategic, value-based approach for urban planners. Nairobi: United Nations.
- Wamsler, C.; Brink, E.; Rivera, C. 2013. Planning for climate change in urban areas: from theory to practice. *Journal of Cleaner Production* 50: 68-81.
- Welz, J.; Krellenberg, K. (2016). Vulnerabilidad frente al cambio climático en la Región Metropolitana de Santiago de Chile: Posiciones teóricas versus evidencias empíricas. *EURE* 42 (125): 251-272.



Casa sustentável: Projeto residencial popular ecoeficiente

Fernanda Lorena Rabelo Oliveira

Universidade Potiguar, Escola de Engenharia e Ciências Exatas, Natal (RN), Brasil
ferabelo@unp.edu.br

Daiany Larissy da Silva Padilha

Universidade Potiguar, Escola de Engenharia e Ciências Exatas, Natal (RN), Brasil
daianylarissy@gmail.com

Yngrid Araujo Martins

Universidade Potiguar, Escola de Engenharia e Ciências Exatas, Natal (RN), Brasil
yngridmartins28@gmail.com

Loïc Cochand

Universidade Potiguar, Escola de Engenharia e Ciências Exatas, Natal (RN), Brasil
loic.coc@gmail.com

Othon Fernandes Fagundes

Universidade Potiguar, Escola de Engenharia e Ciências Exatas, Natal (RN), Brasil
othonf2@hotmail.com

Debora Nogueira Pinto

Universidade Potiguar e Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Escola de Engenharia e Ciências Exatas, Natal (RN), Brasil
deboranpinto@gmail.com

ABSTRACT: The quality of life is increasingly becoming focus on contemporary society. Among them, the concern with reducing energy consumption is important to due to the high taxes of the service and problems Brazil faces in the area. Therefore, humans aim to integrate life features to the local climate, in the built environment. This means consuming the least amount of energy compatible with environmental comfort to ensure a cleaner world for future generations. The challenge is to make the architectural project result in creating sustainable buildings through the justified and appropriate integration of bioclimatic strategies since its preparation. In this context, the objective of this research is to design a sustainable container house for the low-income population that brings thermal comfort to the user, in Natal / RN. The environmental variables of the city and the land were analyzed; recycled materials from the garbage of the city itself, were selected and applied in the design of the house and it used the container as a structural element. As a result, it is projected an aesthetically attractive model home, with the use of recycled materials, low energy consumption and better thermal and lighting performance.

Keywords Sustainable house, low-income, Residential Building.

1. INTRODUÇÃO

Hodiernamente, vivencia-se um quadro caótico social e ambiental emergente, levando à reflexão sobre a qualidade de vida nos centros urbanos, onde concentra-se cerca de 84% do contingente habitacional (IBGE, 2010). Somando-se a essa situação, dados do Ministério das Cidades (2010) apontam um déficit habitacional no Brasil na ordem de 8.3 milhões (15.4%) de domicílios do crescimento das cidades, o que resulta em um grande impacto ambiental, colocando, em tela, a necessidade de construções de casas eficientes, com uma maior conscientização ambiental no campo das habitações populares, sendo essa a parcela que mais sofre com essas estatísticas.

Tomando-se como base essas informações, ressalta-se a importância de viabilizar estudos para habitações populares alternativas que visem de forma contributiva o aumento de moradias no país, a melhoria da qualidade de vida das populações de baixa renda e o aproveitamento dos recursos ambientais disponíveis, possibilitando o desenvolvimento de um ambiente saudável, economicamente viável e ecologicamente correto.

Como alternativa sustentável, destaca-se a utilização de containers na construção civil, sendo um elemento versátil e de baixo impacto ambiental, devido ao descarte de várias unidades todos os anos nos portos brasileiros. Segundo Aguirre, Oliveira & Britto Correa (2008) “a Habitação de Interesse Social projetada a partir do uso de containers reciclados se mostra adequada para o propósito habitacional com valores sustentáveis”. Os containers configuram-se como caixas de metal, modulares e em grandes dimensões, destinados ao acondicionamento e transporte de carga, a longa distância, em navios e trens. Sua vida útil gira em torno de dez anos e, após este período, surge a necessidade de oferecer um destino correto, uma vez que são produzidos a partir de materiais metálicos e não biodegradáveis, tornando-se um problema, por formarem resíduos no contexto urbano das cidades portuárias.

Para desenvolver o projeto da habitação popular eficiente com container, fez-se necessário, *à priori*, um estudo aprofundado sobre as estratégias bioclimáticas que mais adequam-se a cidade do Natal, uma vez que a utilização desse elemento ainda é cercada por “tabus”, principalmente pelo clima quente da região Nordeste do país, e do desconhecimento dos seus benefícios práticos. As diretrizes legais para habitações populares também foram consideradas por meio da cartilha do Minha Casa Minha Vida (Governo Federal do Brasil & Caixa, 200?) e do Código de Obras do município (Natal, 2004).

2. METODOLOGIA

A cidade do Natal/RN – latitude 05°55’S, longitude 35°15’W e altitude de 49m – apresenta clima quente e úmido e com uma pequena variação de temperatura diária e sazonal, com amplitude térmica anual entre 19 °C e 32 °C. Além disto, há alta incidência da radiação solar e a ventilação é intensa e predominantemente do Sudeste. Dadas estas características climáticas, deve-se proteger os ganhos térmicos da incidência da radiação sobre a envoltória e estimular a dissipação do calor gerado internamente (Goulart et al, 1998).

Apesar da pesquisa ser voltada para habitação popular, a qual deve-se utilizar terrenos grandes para a construção de várias casas, o terreno utilizado encontra-se perto da Universidade Potiguar – onde os autores estudam e lecionam – por se tratar de uma pesquisa acadêmica.

Tendo em vista que o condicionamento pode ser classificado de acordo com o consumo de energia em: ativo, passivo e híbrido, conforme indicam Bittencourt & Cândido (2005), e que o projeto pretende aliar a eficiência energética ao conforto térmico dos usuários, priorizaram-se as estratégias passivas e híbridas no desenvolvimento do projeto da casa popular ecologicamente eficiente. Logo, as estratégias bioclimáticas passivas mais adequadas para o clima local e, portanto, elencadas foram: isolamento da cobertura, sombreamento da envoltória, captação da água da chuva, cobertura vegetal, disposição das aberturas para maximizar o uso da ventilação natural e a utilização de placa fotovoltaica.

Para o desenvolvimento projetual os condicionantes legais presentes no do município (Natal, 2004) e a cartilha Minha Casa Minha Vida (Governo Federal do Brasil & Caixa, 2007). De acordo com esse último documento, para famílias com a renda máxima de 1.600 reais da Tipologia 1, faz-se necessário os devidos compartimentos: sala, cozinha, banheiro, circulação, 2 dormitórios e área externa com tanque e máquina. As dimensões desses ambientes não podem ser inferiores as áreas mínimas determinadas pelo código de obras da cidade do Natal (Tab. 1).

Tabela 1. Dimensões mínimas dos compartimentos. Fonte: Natal, 2004, p. 209

COMPARTIMENTO	ÁREA MÍNIMA	DIMENSÃO MÍNIMA	PÉ DIREITO MÍNIMA
	m ²	m	m
Sala	10.00	2.60	2.50
Quarto	8.00	2.40	2.50
Cozinha	4.00	1.80	2.50
Banheiro	2.40	1.20	2.40
Área de serviço	-	1.00	2.40

Desta maneira, o processo foi pautado pela adequação às variáveis climáticas - temperatura, umidade relativa, e velocidade dos ventos - por meio da aplicação de estratégias bioclimáticas. Tais estratégias visam incorporar as especificidades climáticas na elaboração do projeto, tendo em vista o conforto ambiental para o usuário e a eficiência energética como o dispêndio de menor quantidade de energia ao utilizar um serviço (Lamberts et al, 2004). Para isso foi utilizado grandes beirais e brises utilizados no projeto e a direção dos ventos predominantes.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Considerando o consumo sustentável, devemos levar em consideração as formas de utilização e reuso dos bens e recursos naturais disponíveis. Nesse sentido, a reutilização da água da chuva é umas das melhores formas de gerar economia e preservar o meio ambiente. Diante desse momento de escassez e racionamento de água, principalmente na região Nordeste do Brasil, torna-se fundamental a busca por soluções eficientes.

No projeto da habitação popular eficiente foi previsto este sistema, onde é captado fluídos pluviais que escorre do telhado para as calhas, depois é filtrada, separando-a dos materiais sólidos. O próximo passo é regular os índices de acidez, com isso é adicionado cloro, e por último é feito uma filtragem para partículas menores e assim é escoada para o local de armazenamento. O sistema todo trabalha por gravidade, evitando ainda o consumo de energia para o bombeamento da água.

A ecoeficiência está presente na residência por meio da utilização de placas fotovoltaicas, que apesar de ser um sistema de valor elevado, possui um custo benefício significativo a longo prazo. Em projetos de grande escala, para adquirir as placas, é feito um investimento na ordem de 9 a 10 mil reais por casa, podendo-se fazer financiamentos em grandes parcelas. Além de ser um tipo de energia renovável, ela pode ser transferida em caso de mudança, ainda é um sistema silencioso, limpo, por não emitir CO², e gerada no local, evitando-se linha de transmissão. O Nordeste, neste caso, pode ser considerado um dos lugares com melhor eficiência do sistema fotovoltaico do mundo, devido à alta incidência solar.

Com relação ao conforto térmico observou-se que a zona bioclimática 8 determinada pela NBR 15220-3 (ABNT, 2005) (Fig. 1), a qual Natal está inserida, adota ventilação cruzada como uma diretriz pertinente, uma vez que favorece a renovação do ar no ambiente, como também, permite a criação de um microclima agradável no espaço construído. Ainda sob essa análise, o uso da vegetação no entorno da construção permitirá uma alteração significativa na temperatura interna da residência. Além da beleza estética causada, quando posicionada de forma correta, a camada vegetal funciona como filtro de calor e absorvem barulhos e ruídos indesejados.

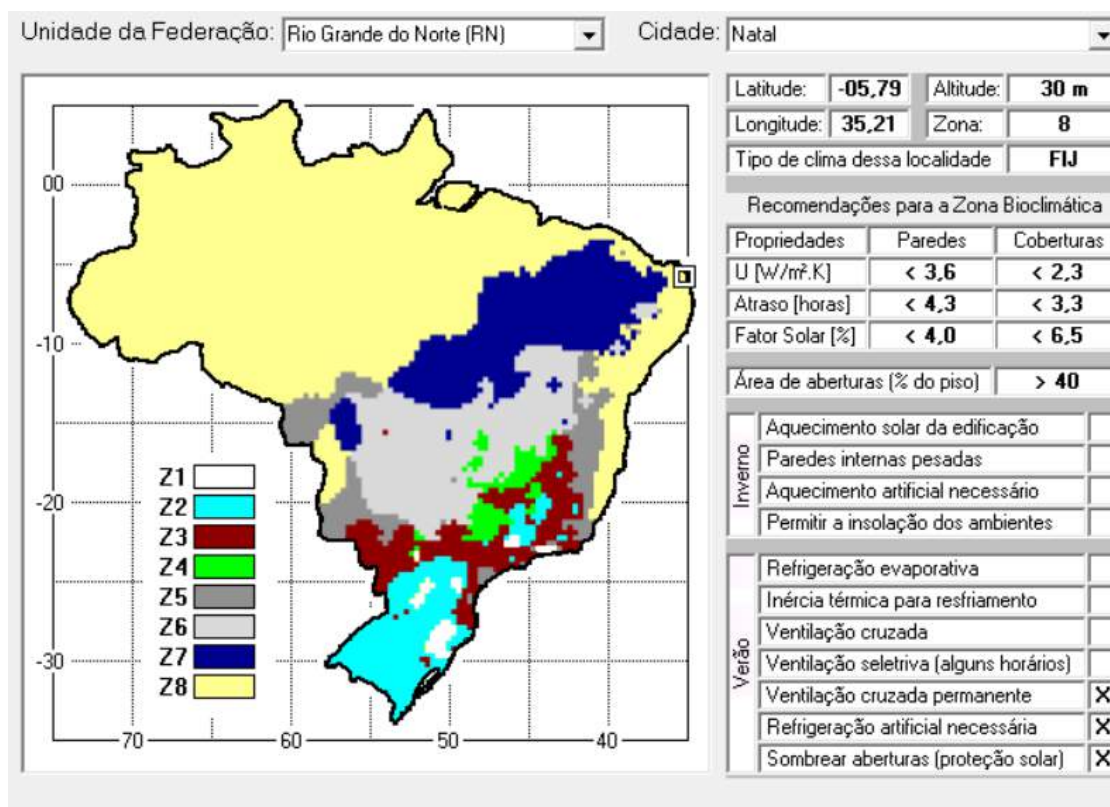


Figura 1. Classificação bioclimática de Natal. Fonte: ABNT, 2005

Considerou-se o aproveitamento da luz natural, como o outro fator de ecoeficiência dos recursos naturais, para a casa em tela, uma vez que a torna mais econômica ao reduzir o consumo de energia elétrica, produz níveis de iluminação superior à iluminação artificial e diminui as cargas térmicas proveniente das luminárias. Contudo, a incidência dessa luz deve ser dosada de acordo com a orientação da fachada. Para isso, foi utilizado o programa Analysis Sol-Ar 6.2 onde podemos verificar as horas de exposição do sol em cada fachada nos solstícios de verão e inverno e no equinócio (Tab. 2).

Tabela 2. Horários de insolação em fachadas sem beirais

FACHADA/ PERÍODO	Noroeste	Nordeste	Sudeste	Sudoeste
Solstício de inverno	11h30 - 17h40	6h20 - 17h40	6h20 - 11h	-
Equinócio	12h10 - 18h	6h-12h	6h - 11h50	12h18h
Solstício de verão	12h40 - 18h10	-	5h50 - 12h10	5h50 - 18h10

3.1 Concepção projetual

Após medir as áreas internas dos dois containers, percebeu-se que não era possível atender os 30m² mínimos exigidos pela legislação, sendo assim, os dois containers foram dispostos em paralelo no seu sentido longitudinal e espaçados com a mesma medida da altura desse elemento. Como não foram colocados alinhados, formou-se reentrâncias na lateral esquerda e direita que foram aproveitadas para a locação de uma varanda e da área de serviço, respectivamente. Vale ressaltar que a área de piso desses ambientes estão

modulados com a área da “porta” do container, já que elas foram removidas e rotacionadas para o plano horizontal passando a constituir o piso (Fig. 2). O mesmo procedimento foi realizado para o novo espaço criado no eixo da edificação devido ao espaçamento, porém foi aproveitado a face lateral maior de um dos containers que se encontrava na parte interna da edificação. Esses artifícios permitiram aumentar a metragem da edificação para 54.98m² e atender as exigências do Código de Obras de Natal (Fig. 3-7).



Figura 2. Desmembramento dos containers. Fonte: Autores, 2016



Figura 3. Planta baixa. Fonte: Autores, 2016



Figura 4. Fachada Nordeste. Fonte: Autores, 2016



Figura 5. Fachada Sudeste. Fonte: Autores, 2016

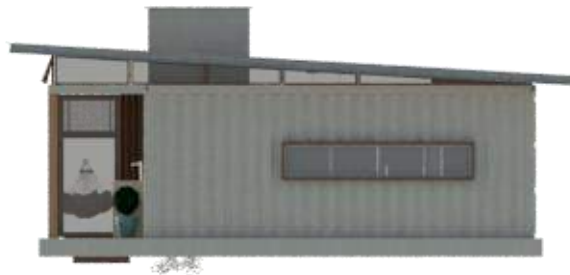


Figura 6. Fachada Sudoeste. Fonte: Autores, 2016



Figura 7. Fachada Noroeste. Fonte: Autores, 2016

3.2 Cobertura

A face superior de ambos os containers foi removida pois, por alguns centímetros, não atendiam a altura mínima do pé-direito. Com isso, foi utilizado uma cobertura de apenas uma água inclinada para a face lateral esquerda da habitação. A sua face interna encontra-se revestida com madeira, dando uma sensação diferenciada para os ambientes internos. Ao longo da borda do telhado, existe um perfil metálico servindo de sustentação e elemento estético contemporâneo.

Com base estudos em carta solar, a cobertura foi projetada atendendo as necessidades de cada face da casa. As fachadas noroeste, sudeste e sudoeste foi colocado um beiral com 1.4 m para se tornar um padrão, sendo mais que o suficiente, porém a fachada nordeste requiere um beiral com 1.97m (Fig. 9-11).



Figura 9. Perspectiva 1, Fachada nordeste e sudeste. Fonte: Autores, 2016



Figura 10. Perspectiva 2. Fonte: Autores, 2016



Figura 11. Perspectiva 3. Fonte: Autores, 2016

Na fachada nordeste, sudoeste e sudeste, foram dispostas pequenas esquadrias logo abaixo da cobertura, permitindo a entrada de iluminação natural indireta na casa, em virtude dos longos beirais criados que proporcionam maior sombreamento.

Tabela 3. Horários de insolação em fachadas com beirais

FACHADA/ PERÍODO	Noroeste	Nordeste	Sudeste	Sudoeste
Solstício de inverno	15h - 17h40	6h20 - 10h	6h20 - 9h30	-
Equinócio	15h30 - 18h	6h-7h30	6h - 9h50	17h18h
Solstício de verão	16h - 18h10	-	5h50 - 10h10	16h - 18h10

3.3 Conforto térmico

As direções do vento em Natal variam do leste ao sul, tendo predominância ao sudeste. Então, considerando a necessidade de haver ventilação cruzada devido ao clima característico de Natal, as esquadrias foram instaladas em pontos estratégicos que promovessem a ventilação cruzada, usando janelas de grande porte e brises pivotantes dando um apelo estético mais sofisticado a casa. No que diz respeito aos elementos de vedação, foram mantidas as faces do container voltadas para a área externa, mas como trata-se de um material metálico, ou seja, ótimo condutor térmico, foi necessário isolar internamente afim de obter transmitância térmica de acordo com a Zoneamento bioclimático 8 (ABNT, 2005). Um elemento considerado complementar para se usar, são trepadeiras com ventosas nas faces externas dos containers, já que se tornam uma segunda pele, trazendo maior conforto térmico e possuem um ótimo apelo estético.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em tempo presente faz-se necessário o racionamento dos nossos meios de produção, através de soluções que beneficiem o desenvolvimento sustentável de nossas ideias e criações. Sob essa perspectiva, no âmbito da construção civil é indispensável pensar em novos métodos construtivos capazes de gerar baixo impacto ambiental e racionalizar recursos sem interferir na qualidade de vida do usuário. Portanto, o trabalho desenvolvido demonstra veemente a possibilidade de criar uma habitação, através de uma estrutura que até então é descartada após 8% de sua longevidade.

REFERENCIAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social*. Rio de Janeiro, 2005.
- Aguirre, Lina de Moraes; Oliveira, Juliano; Britto Correa, Celina. *Habitando o Container*. 7º Seminário Internacional NUTAU 2008 - Espaço Sustentável - Inovações Em Edifícios E Cidades, São Paulo: NUTAU-USP, 2008.
- Bittencourt, L.; Cândido, C. *Introdução à ventilação natural*. Maceió: EDUFAL, 2005.p.
- Brasil. Caixa Economica. Governo Federal do Brasil. *Cartilha minha casa minha vida*, 20??.
- Censo do IBGE (2010)
- Goulart, S. V. G., et al. *Dados Climáticos para Projeto e Avaliação Energética de Edificações para 14 Cidades Brasileiras*. Florianópolis: Núcleo de Pesquisa em Construção/UFSC, 1998.
- Lamberts, R., et al. *Eficiência Energética na Arquitetura*: São Paulo: ProLivros, 2004.p.
- Ministério das Cidades (2010)*
- Programa Analysis Sol-Ar 6.2*, UFSC - ECV - LabEEEE.

Natal. Instrumentos do Ordenamento Urbano de Natal. Prefeitura Municipal do Natal. Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Urbanismo. Lei complementar nº055. *Código de obras e edificação do município de Natal*, 2004



Sustentabilidade no planejamento urbano: Ilhas de calor

Ricardo Henryque Reginato Quevedo Melo

Universidade de Passo Fundo, Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental, Passo Fundo (RS), Brasil
ricardoquevedo@gmail.com

Evanisa Fatima Reginato Quevedo Melo

Universidade de Passo Fundo, Departamento de Engenharia Ambiental e Pesquisa, Passo Fundo (RS), Brasil
evanisa9@gmail.com

Rodrigo Henryque Reginato Quevedo Melo

Universidade de Passo Fundo, Engenharia Civil, Passo Fundo (RS), Brasil
rodrigoquevedo@gmail.com

Francisco Gerhardt Magro

Universidade de Passo Fundo, Mestre em Engenharia Civil e Ambiental, Passo Fundo (RS), Brasil
chicomagro2@hotmail.com

Thiago Miranda Dos Santos

Universidade de Passo Fundo, Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental, Passo Fundo (RS), Brasil
thiago.miranda.s@hotmail.com

Eduardo Madeira Brum

Universidade de Passo Fundo, Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental, Passo Fundo (RS), Brasil
eduardobrum@embengenharia.com.br

RESUMO: Atualmente as mudanças climáticas vêm exigindo que o planejamento urbano necessite de medidas drásticas para tentar amenizar os efeitos do aumento da temperatura, bem como acentuação dos efeitos das ilhas de calor. Sendo que uma das proposições adotadas para um planejamento urbano sustentável, leva em consideração a remediação e a prevenção das ilhas de calor e redução das temperaturas elevadas. Deste modo, o artigo busca através de uma série de amostragem de temperaturas in-loco em um ambiente urbano de Passo Fundo e dentro do campus da Universidade de Passo Fundo, localizar, propor e justificar soluções de planejamento urbano que promovam a sustentabilidade e amenização das variáveis climáticas através da análise dos resultados obtidos com os conhecimentos da ambiência urbana. Utilizando os dados e as análises dos monitoramentos prévios em conjunto com os dados atualizados neste trabalho, foi possível atentar sobre a influencia de construções no meio ambiente local sem o devido estudo dos efeitos no entorno de sua construção.

Palavras chave *Ambiência urbana, Planejamento urbano sustentável, Condicionantes Ambientais*

1. INTRODUÇÃO

O crescimento urbano, e conseqüentemente a necessidade do aumento da infraestrutura nos centros urbanos tem provocado mudanças significativas no equilíbrio radiante do espaço urbano, agravado por práticas que têm sistematicamente suprimido a vegetação para a instalação da infraestrutura (Gaitani et al. 2011).

As propriedades térmicas de materiais construídos diferem muito dos vegetativos, superfícies construídas são tipicamente de baixo albedo com um alta capacidade de armazenamento de energia. Considerando que a vegetação tem um albedo mais elevado, atenua transmissão da radiação solar, e pode arrefecer de imediato ambiente através da evapotranspiração (Streutker 2003; Sawka et al. 2013). A principal consequência destes efeitos é a diferença da temperatura do ar entre as zonas urbanas e rurais. Este fenômeno chamado de ilha de calor, é responsável por temperaturas do ar 1-6 ° C mais elevadas no centro da cidade do que as áreas suburbanas e rurais circundantes e é a manifestação mais óbvia climática da urbanização (Santamouris, 2007).

Então, há um crescente interesse em questões de microclima uma vez que representam fatores importantes para atingir a sustentabilidade dentro das cidades, onde uma grande quantidade da população vive. Mitigar o efeito das ilhas de calor é, portanto, um elemento-chave para alcançar a sustentabilidade em uma cidade e isso pode ser feito através da melhoria do microclima urbano (Dimoudi et al. 2012).

As infraestruturas verdes composta por vegetação são ferramentas ecológicas que trazem melhorias para saúde ambiental, social e econômica, que possibilita melhorar ecossistemas e a sustentabilidade urbana através do controle de temperatura e poluição, conservação da água, redução da erosão e conforto ambiental (Bento & McMahan, 2006; MacGregor-Fors et al, 2011).

A qualidade de vida urbana depende de uma mescla correta entre infraestrutura e áreas verdes, tornando elementos essenciais para o bem-estar da população. O planejamento urbano tem um imenso impacto no microclima local, que por sua vez afeta a qualidade conforto e espaço dentro de uma cidade. Assim há a necessidade de planejar, implantar e conservar de áreas verdes nas cidades. Para o planejamento é indispensável a utilização de técnicas que permitam o georreferenciamento e ferramentas de análise ao longo de diferentes fases do trabalho.

Neste sentido, a aplicação de técnicas de Sistemas de Informação Geográfica tornou-se uma ferramenta poderosa que, quando utilizado juntamente com outros softwares de mapeamento, permite não só uma maior precisão da avaliação, mas também a facilidade de manutenção da base de dados atualizada, que conduz a uma maneira mais eficiente para monitorizar estas áreas (SILVA e ZAIDAN, 2004). Conforme Henke-Oliveira & Santos (2000) desenvolvimento de técnicas computacionais que contemplem a diferenciação estrutural e funcional das áreas verdes é de muita importância, o que confere um dinamismo ao planejamento ambiental, permitindo a avaliação de informações para a gestão destas áreas, bem como outros elementos associados à qualidade ambiental e de vida, promovendo desta forma a sustentabilidade infraestrutura urbana

O objetivo deste trabalho foi mapear microclimas e ilhas de calor no campus da Universidade de Passo Fundo, por meio de técnicas de geoprocessamento, utilizando

dados do ano de 2015 e comprando-os com novos dados de 2016 para descobrir e compreender sua relação com a sustentabilidade ambiental.

2. METODOLOGIA E ETAPAS DA PESQUISA

A execução desta pesquisa é conduzida seguindo os parâmetros de medições adaptados da norma brasileira. As medições foram realizadas nos pontos de coleta de dados descrito por Melo, et al. (2015), onde era realizado um período de espera até a estabilização dos resultados de temperatura e na sequência da amostragem, era repetido o processo para medição da umidade. Sendo realizado uma segunda verificação dos dados com o aparelho Htm-401, da INSTRUTEMP, em que os dados obtidos neste segundo aparelho eram somente como parâmetros para verificar se a variabilidade dos resultados obtidos no ITMP600 não estavam com interferência do operador. Assim, a amostragem era realizada por aproximadamente 30 segundos, dependendo da demora para a estabilização dos dados, este procedimento foi adotado para reduzir os ruídos e possibilidade de erros, bem como aumentar a confiabilidade dos dados obtidos.

A distribuição espacial da temperatura foi avaliada em dois períodos. A primeira foi realizada em janeiro de 2015, no campus da Universidade de Passo Fundo (UPF) em Passo Fundo, RS, Figura 1 e posteriormente ao levantamento dos dados, foi realizada a análise dos valores no software de geoprocessamento ArcGIS e comparados com o mapa local para possibilitar a compreensão das razões da existência de dois pontos considerados microzonas de calor, resultados propostos no trabalho de Melo, et al. (2015).



Figura 1. Pontos de análise no Campus da UPF - Passo Fundo - RS. Fonte: Autor, 2015.

Em abril de 2016, foi realizado uma nova amostragem no campus da UPF para reafirmar os dados do primeiro estudo. Seguindo o mesmo roteiro de análise proposto na Figura 1, entretanto em uma época do ano diferente, porém com as condições climáticas semelhantes e analisando os mesmos pontos.

Assim como primeira amostragem foi utilizado um aparelho medidor multi-parâmetros - ITMP600 e realizada a conferência das amostras com o aparelho Htm-401, ambos da

instrutemp, para quantificar a variação de temperatura entre os pontos de análise e anotar as variações de umidade para futuros estudos. Os dados foram transcritos ao software ArcGIS para que através da análise geoestatística fosse realizado o mapa das zonas de calor e posterior a comparação entre os mapas do campus da UPF com o mapa das zonas de calor.

Após a análise geoestatística dos dados, é necessário a separação dos setores para que se possa observar, argumentar e justificar as causas e soluções. Sendo que os setores serão definidos em:

- Ilha de calor;
- Zona normal.

Assim, é realizado um processo de classificação automatizada pelo software, mas é necessário informar ao programa quais são os itens de análise desejados. Portanto são definidos 4 itens de análise para o mapa:

- Construções/Espaços abertos;
- Vegetação arbórea;
- Gramíneas;
- Lagos.

Com a definição dos parâmetros de busca, o software retorna com os índices de cobertura para cada um dos itens descritos. Assim com a verificação de quantidades realizada, é informado a porcentagem dos itens perante a imagem total, informação crucial para que seja possível analisar as concentrações de cada item em setores, no caso, as microzonas de calor e nas demais áreas .

Através da análise dos quantitativos e do conjunto da imagem será realizada uma segunda contextualização dos dados para justificar e propor soluções.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uma vez que o trabalho consistiu na amostragem e análise dos últimos dados levantados pela pesquisa iniciada por Melo, et. al(2015), trazendo neste artigo os resultados da amostragem da análise das temperaturas em abril de 2016 no campus central da Universidade de Passo Fundo, como já descrito na metodologia, foi obtido o seguinte mapa através das amostragens locais e posterior aplicação das ferramentas de SIG, Figura 2. Deixando claro que o mapa de temperaturas obtido foi sobreposto ao mapa do campus para poder melhorar a análise e compreender a correlação entre as edificações do entorno e as microzonas de calor.

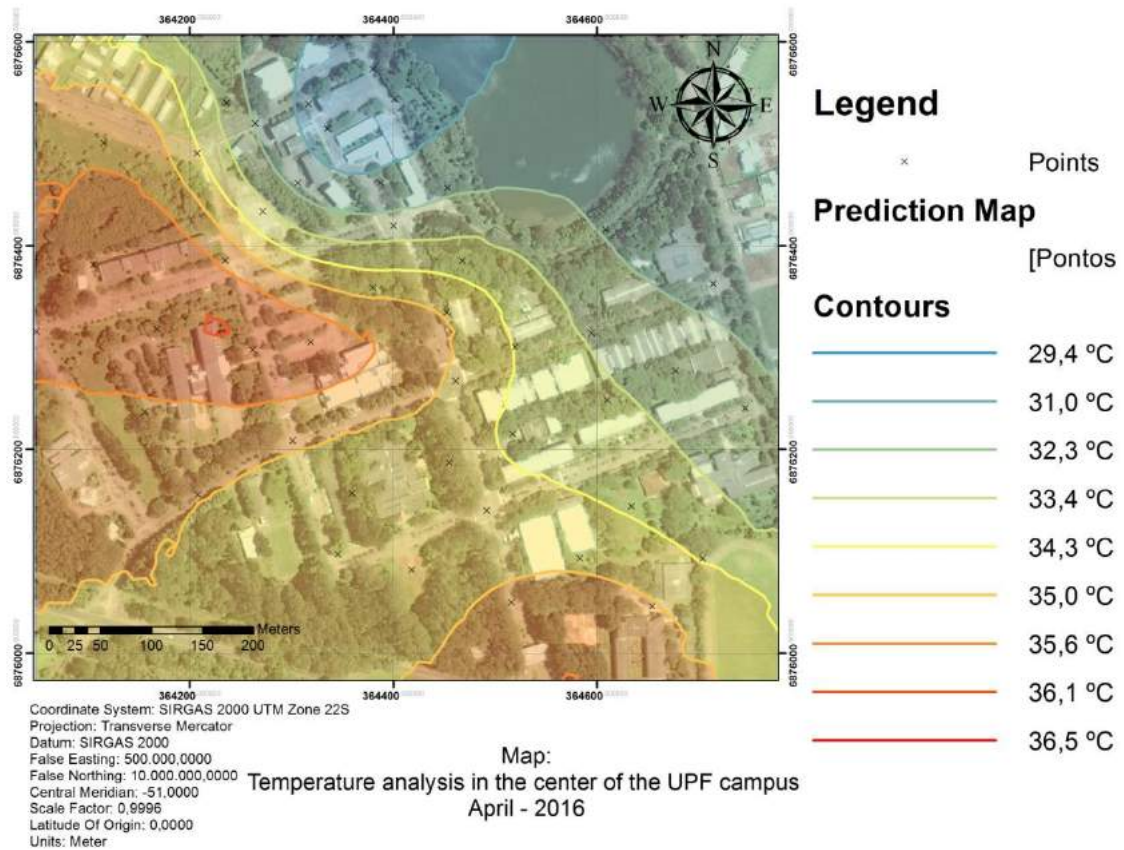


Figura 2. Análise das temperaturas no campus central da UPF - Passo Fundo, RS. Fonte: Autor, 2016.

Desta forma, ao analisar a Figura 2 é possível verificar que a existência de um lago nas dependências do campus I da UPF amenizam a temperatura e transmitem esta característica para algumas das regiões próximas, que possuem grande quantidade de vegetação em comparação com as construções e as vias existentes em outros pontos do campus. Entretanto os efeitos gerados pelo lago, não são aplicáveis nos locais que apresentam grande áreas abertas asfaltadas e ou construídas.

Sendo verificado que nestas áreas onde existem as microzonas de calor os valores da umidade do ar caem, quando em comparações às regiões próximas do lago. Assim corroborando com as informações do levantamento realizado em 2015 (Melo, et al. 2015) que diz "A mudança do uso do solo ocorrida nos últimos anos com o aumento da impermeabilização nas cidades, geraram alterações no ambiente e formaram nestes locais um clima típico, caracterizado pelas altas temperaturas e baixa umidade relativa do ar".

Portanto é realizado uma verificação dos dados obtidos em janeiro de 2015 por Melo, et al(2015) e os novos dados desta pesquisa, assim gerando a Figura 3. Sendo que a figura 03 consiste da composição dos resultados em 2015 e dos resultados em 2016, demonstrando claramente que os resultados obtidos em ambas análises convergem para uma mesma justificativa.

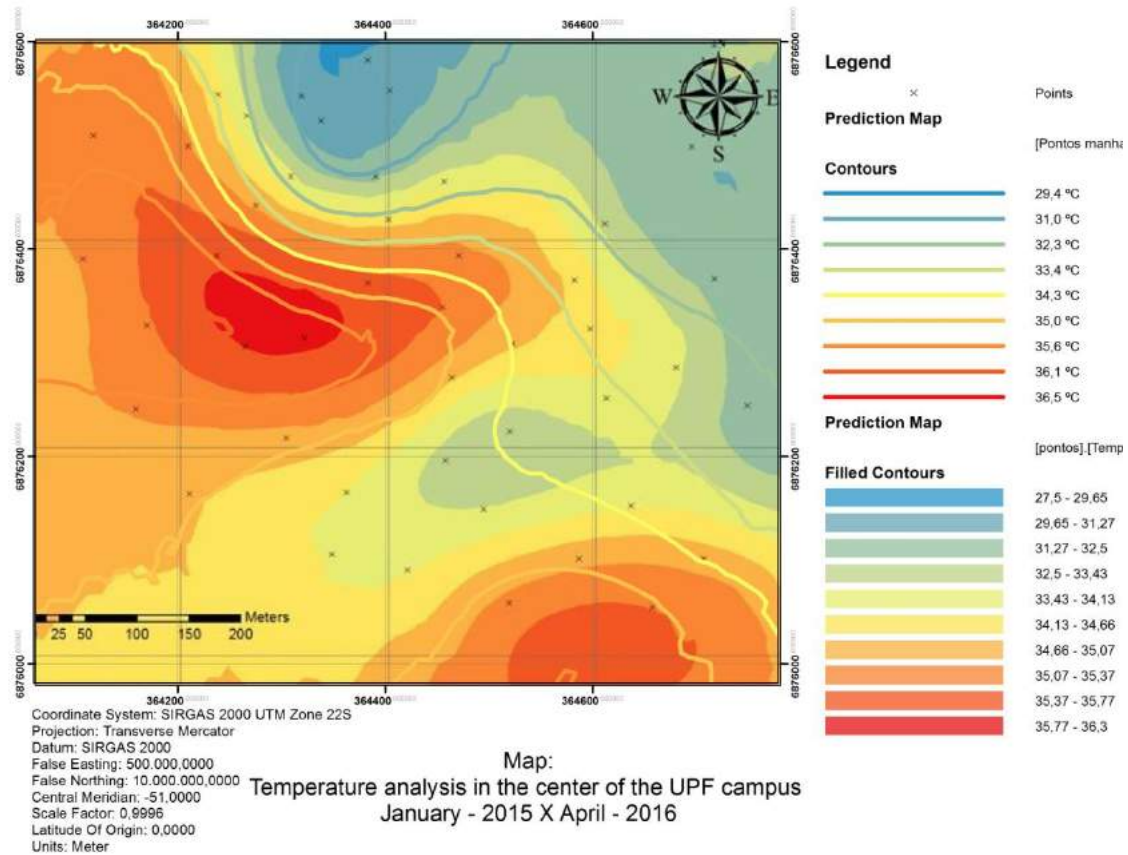


Figura 3. Sobreposição das amostragens de 2015 e 2016. Fonte: Autor, 2016.

A partir da análise dos dois conjuntos de dados obtidos através das amostragens de 2015 e 2016 no campus central da UPF, fica evidente que existem duas microzonas quentes distintas e uma segunda microzona decorrente do lago e das grandes quantidades de arvores que preenche boa parte da área arborizada, ficando a nordeste do centro e descendo por entre as duas microzonas quentes que são oriundas de duas causas semelhantes:

- Sendo a primeira área localizada a oeste do centro do mapa, onde a microzona de calor ocorre pela existência de uma grande área construída de edificações e estacionamentos e concentração de arvores não distribuídas igualmente por toda região, denominada como Setor A;
- Enquanto que na segunda área localizada a Sul para sudeste do centro do mapa, mais especificamente na entrada da UPF, ocorre a segunda ocorrência da microzona de calor, está é motivada pela existência da BR-285 que gera tráfego elevado de veículos e o fluxo se estende na entrada da universidade, denominada como Setor B.

Após a caracterização dos setores A e B, identificamos na Figura 4 a distribuição espacial das três microzonas .

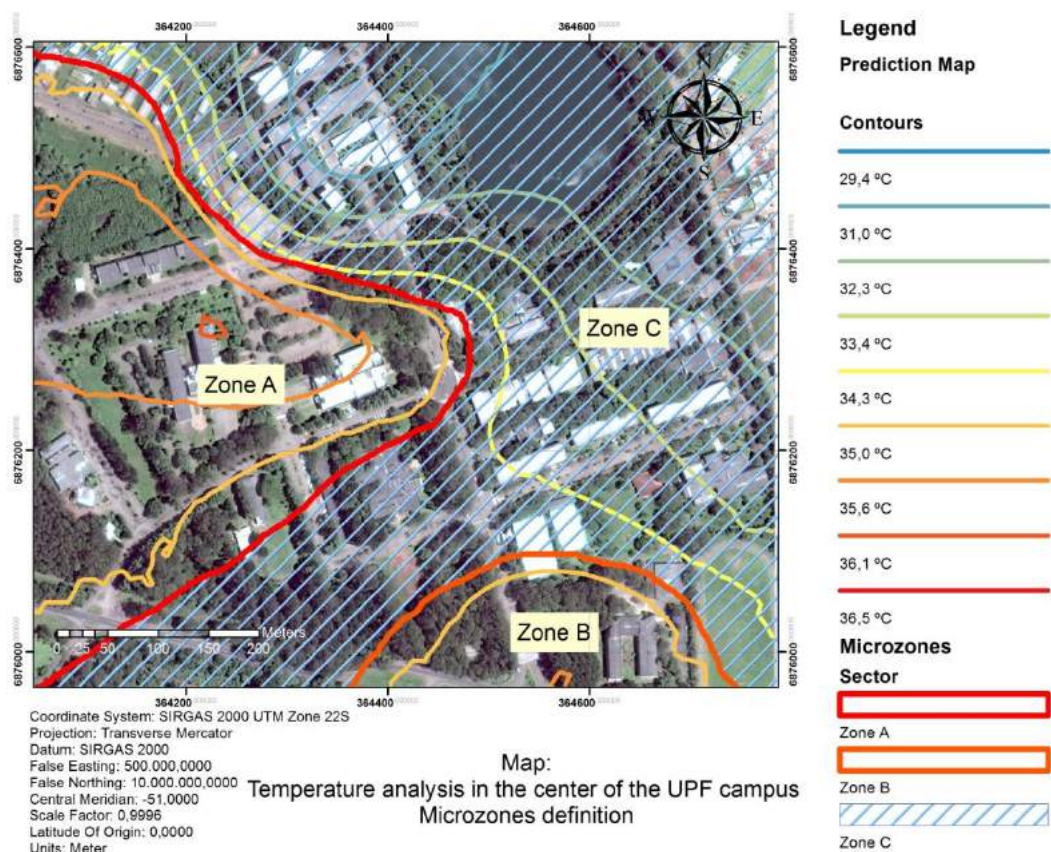


Figura 4. Demarcação das microzonas no campus central da UPF. Fonte: Autor, 2016.

Uma vez identificadas as microzonas de calor, como zona A e B, é verificado os resultados da classificação da quantidade de construções e itens do meio ambiente presente, e comparado os valores percentuais de cada um dos três setores. Assim, gerando a Tabela 1.

Tabela 1. Comparação dos resultados obtidos da classificação.

Análise Campus – UPF	ZT	Z1	Z2	ZF
construções e áreas abertas	28,68 %	29,71 %	28,64 %	28,29 %
Composição arbórea	52,69 %	55,95 %	66,95 %	50,24 %
Gramíneas	11,58 %	14,34 %	4,41 %	11,13 %
Lagos	7,04 %	0%	0%	10,34 %

Onde: ZT =Zona total; Z1=Zona A; Z2=Zona B; ZF=Zona normal

Portanto, ao analisarmos a figura 04 em conjunto com a tabela 01, realizamos a afirmação de que as porcentagens de construções são quase 28-30% para as 3 zonas. Entretanto, uma rápida análise superficial nas figuras que mostram as áreas do campus da UPF, é visível na Zona C um lago, fator que aumenta consideravelmente a umidade do local, visível na Figura 5.

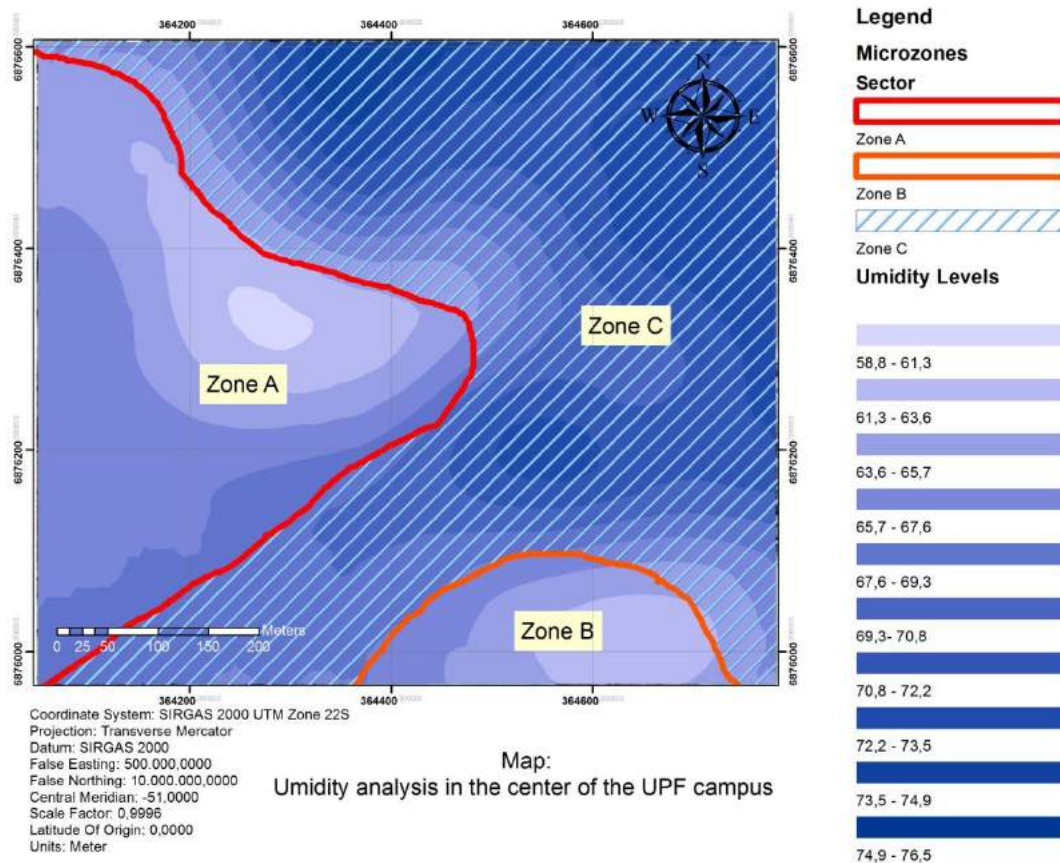


Figura 5. Análise da umidade no campus da UPF. Fonte: Autor, 2016.

Desta forma é possível afirmar que com a presença de umidade as variações de temperatura não são tão elevadas. Mas, também é possível argumentar que na Zona A existem grandes espaços sem vegetação, os quais podem estar ocasionando as alterações climáticas, no caso as microzonas de calor. Visto que as porcentagens de concentração de vegetação são semelhantes, cerca de 60 a 70% em todos os 3 setores.

Então sugere-se que sejam tomadas ações pontuais para reduzir as grandes áreas abertas ou construídas sem vegetações. Sendo que para os grandes espaços abertos, no caso um estacionamento, sejam trocados os pisos para um que possa reduzir a absorção de calor, conforme descrito no livro de Gartland (2008), e nas áreas das construções é proposto a implantação de telhados verdes como sugere Berner (2016) e onde segundo Dinsdale, Pearen e Wilson (2006) " The main benefits of green roofs are their ability to regulate the temperature in and around buildings, improve energy efficiency in buildings, reduce the urban heat island effect".

4. CONCLUSÃO

Ao existirem microzonas de calor e frescor dentro de uma mesma região, são necessárias mais investigações e diversos fatores podem corroborar para nossa avaliação final. Desta forma, ao realizarmos uma duplicata da amostragem de 2015 e obtermos resultados semelhantes, mas com conclusões similares, obtemos o primeiro ponto.

- A existência de microzonas de calor dentro do campus da UPF.

Na sequência, continuamos a analisar as possíveis causas nas mais diversas bibliografias e trabalhos. Portanto ao realizarmos a segunda amostragem em um bairro, e verificarmos a similaridade da porcentagem de construções, obtivemos o segundo ponto.

- A influencia direta de construções ou grandes espaços abertos sem arborização.

Assim, permitindo que ao analisarmos as duas afirmativas em conjunto, elas não apresentam dados conflitantes entre amostras temporais. Portanto conclui-se que existem microzonas de calor no campus central da UPF, Passo Fundo -RS, e deve-se manter uma rotina de monitoramento dos dados analisados, indiferentemente da implantação das sugestões para amenizar os efeitos da ilha de calor nestas microzonas, e para que futuros estudos que venham a reafirmar os resultados encontrados por este trabalho e ajudem a identificar os demais fatores que possam estar ocasionando as microzonas no campus da universidade.

REFERÊNCIAS

- AGSOLVE. Arborização e o clima das grandes cidades. 2013. Disponível em: <<http://www.agsolve.com.br/noticias/arborizacao-e-o-clima-das-grandes-cidades>>. Acesso em: 26 maio 2016.
- BERNER, Jason T.. Green Roofs: Stormwater Management and Urban Heat Island Mitigation. Disponível em: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-07/documents/green_roofs_stormwatermanagement_and_urban_heat_island_mitigation_jasonberner.pdf>. Acesso em: 23 maio 2016.
- Dimoudi, A.; Kantzioura, A.; Zoras, S.; Pallas, C.; Kosmopoulos, P. Investigation of urban microclimate parameters in an urban center. *Energy and Buildings*, v. 64, p. 1-9, 2013.
- DINSDALE, Shaina; PEAREN, Blair; WILSON, Chloe. Feasibility Study for Green Roof Application on Queen's University Campus. 2006. Disponível em: <<http://www.queensu.ca/sustainability/sites/webpublish.queensu.ca.suswww/files/files/greenroof.pdf>>. Acesso em: 23 maio 2016.
- Gaitani, N.; Spanou, A.; Saliari, M.; Synnefa, A.; Vassilakopoulou, K.; Papadopoulou K. Improving the microclimate in urban areas: a case study in the centre of Athens Building. *Services Engineering Research and Technology*, v. 32 p. 53-71, 2011.
- GARTLAND, Lisa. Heat islands : understanding and mitigating heat in urban areas. London: Earthscan, 2008
- Grimm, N.B., Faeth, S.H., Golubiewski, N.E., Redman, C.L., Wu, J.G., Bai, X.M., Briggs, J.M. (2008). Global change and the ecology of cities. *Science*, 319, 756 - 760.
- Henke-Oliveira, C., & Santos, J.E. (2000). Áreas verdes e áreas públicas de São Carlos (SP): diagnóstico e propostas. In: Tundisi, J.C.; YAMAMOTO, Y. & DIAS, J.A.K. São Carlos - 3º milênio, perspectivas para o século XXI. São Carlos: Prefeitura Municipal de São Carlos. p. 199-221.
- MacGregor-Fors, I., Ortega-Alvarez, R. (2011). Fading from the forest: bird community shifts related to urban park site-specific and landscape traits. *Urban For Urban Green* 10, 239 - 246.
- MELO, Evanisa Fatima Reginato Quevedo et al. EVALUATION OF THE ARBOREAL VEGETATION INFLUENCE AT THE ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY IN THE UNIVERSITY OF PASSO FUNDO CAMPUS, BRAZIL. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING EDUCATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 7., 2015, Vancouver: EESD, 2015.
- MELO, Ricardo Henryque Reginato Quevedo et al. THE ARBOREAL VEGETATION INFLUENCE AT THE SUSTAINABILITY IN THE UNIVERSITY OF PASSO FUNDO CAMPUS, BRAZIL. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2015.
- Rosset, F. (2005). Procedimentos metodológicos para estimativas do índice de áreas verdes públicas. Estudo de caso: Erechim / RS. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos.
- Santamouris, M. Heat island research in Europe: the state of the art. *Advances Building Energy Research*, v. 1, p. 123-150, 2007.
- Sawka M, Millward AA, Mckay J, Sarkovich M (2013) Growing summer energy conservation through residential tree planting. *Landsc Urban Plan* 113:1-9

Silva, J.X., & Zaidan, R.T. (2004). Geoprocessamento e análise ambiental: aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 368p.
Streutker DR (2003) Satellite-measured growth of the urban heat island of Houston, Texas. Remote Sens Environ 85:282–289



A seca e a desertificação e as mudanças climáticas em Cabo Verde

Luciene Eveline Semedo Vaz

Universidade Federal Fluminense, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Rio de Janeiro (RJ), Brasil

lucienesemedovaz@gmail.com

Rafael Souza

Universidade Federal Fluminense, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Rio de Janeiro (RJ), Brasil

rafcs@oi.com.br

Ana Motta Seroa

Universidade Federal Fluminense, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Rio de Janeiro (RJ), Brasil

anaseroa@gmail.com

RESUMO: Este artigo tem como finalidade, explorar o tema desertificação a seca, com principal foco no arquipélago de Cabo Verde. Relata como as mudanças climáticas agravaram o problema da seca e como governo e a sociedade encaram os problemas derivados da seca e da desertificação suas estratégias e planos de ação, as soluções empregadas no combate e na luta contra a falta de água e a desertificação.

Palavras chave : *Seca, desertificação, impacto ambiental, sustentabilidade*

1. INTRODUÇÃO

Os desafios referentes ao ambiente no mundo vêm movimentando há algumas décadas, a comunidade internacional. A iniciativa que moveu essa estratégia internacional em favor ao ambiente deu início em Estocolmo em 1972, e ganhou força na conferência do ambiente no Rio de Janeiro em 1992, através de discussões, recomendações, e estratégias de ação em prol do ambiente, uma nova abordagem da problemática do ambiente mundial foi adotada (Lima et al, 2009).

O conceito da palavra desertificação foi elaborado durante a conferência das nações unidas sobre meio ambiente e desenvolvimento, realizada na cidade do Rio de Janeiro no ano de 1992 (eco'92) onde, definiu-se a desertificação como sendo “a degradação da terra nas zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultante de vários fatores, incluindo as variações climáticas e as atividades humanas” (Pachêco et al., 2006).

A desertificação e a seca são os maiores riscos para a estabilidade alimentar, social e econômica no mundo todo. Juntamente com o crescimento da população, o uso irresponsável dos recursos naturais e o aumento da temperatura do planeta, a tendência é que eles se agravem (Magalhães, 2013).

Segundo Ki-moon (2009) numa pequena mensagem deixada a desígnio do dia mundial de luta contra a desertificação, em 15 de junho de 2009, diz:

Vinte e quatro milhões de pessoas migraram devido a problemas relativos ao ambiente e que esse numero pode aumentar para duzentos milhões até 2050. Alerta que a seca e a desertificação são itens que afetam a estabilidade nacional e internacional, pois um terço de solo usado na agricultura vem se tornando improdutivo.

De acordo com Rocha (2006), os desafios do ambiente mobilizam a comunidade internacional, há varias décadas. Estes desafios foram identificados em relação às principais ameaças que afligem a terra, que são: o aquecimento climático ligado às emissões de gases com efeito de estufa, a desertificação e/ou seca persistente, a degradação das terras, a perda de biodiversidade, a destruição da camada de ozônio da estratosfera, a poluição das águas nacionais e internacionais, continentais e marinhas, os poluentes orgânicos persistentes.

Conforme Lima et al. (2009), técnicas de gestão insustentável de solos estão entre os maiores problemas ambientais do mundo atual, o que representa também um enorme empecilho para a satisfação das necessidades humanitárias básicas, em especial nas zonas áridas.

Os mesmos autores ainda afirmam que a deterioração das terras aumenta a vulnerabilidade das populações perante as alterações e mudanças climáticas, reduzindo as atividades rurais, diminuindo a produtividade agrícola, que favorece a vulnerabilidade nas produções, reduzindo os recursos naturais locais.

Finalizam afirmando que a gestão sustentável das terras pode reduzir a vulnerabilidade às mudanças climáticas, aumentar as capacidades das populações na adaptação às mudanças climáticas, e em muitos casos, pode contribuir para a mitigação das mudanças climáticas

através do aumento da sequestração do carbono e redução da emissão de gases (Lima et al., 2009).

1.1 A Desertificação e a seca no mundo

As extensões áridas e semiáridas propagam-se ao longo do planeta, consumindo 1/3 de toda a dimensão terrestre e comportando cerca de 1/6 de toda a população. A comunidade internacional reconhece a existência de parâmetros de desertificação a nível mundial vem-se constituindo em terminante desafio para todos os países e, em particular, para aqueles em desenvolvimento (Matallo Jr, 2012).

Esse problema segundo Matallo Jr. (2012) diz respeito, de um lado, a aspectos práticos com os quais as populações convivem e os governos devem enfrentar enquanto influenciadores de políticas públicas e, de outro, com aspectos teóricos e metodológicos de suma importância. Pois, são aspectos que possibilitam a compreensão e dimensionamento do enigma para a conscientização adequada dos diferentes atores sociais, a formulação das políticas públicas e para a tomada de decisões.

Faria, (2015) diz por ano as perdas econômicas mundialmente ocasionadas ao processo de desertificação chegam a 4 bilhões de dólares. O problema aumenta ainda mais pelo fato de a maior parte das regiões atingidas pelo processo de desertificação são áreas pobres em países subdesenvolvidos, como por exemplo, a África onde em meados da década de 70, 500 mil pessoas morreram de fome na região conhecida como Sahel devido a processos de desertificação.

De acordo com Faria (2015) o Brasil sofre também com o problema da desertificação pois algumas áreas apresentam características geoclimáticas e ecológicas que favoreceram a aceleração do processo, somando uma extensão de 18,7 mil km² de regiões chamadas de núcleos de desertificação cidades como as do Ceará, Piauí, Pernambuco e Rio Grande do Norte. Outras províncias atingidas pela ação da desertificação no Brasil são as regiões do Semiárido, da Bahia, Paraíba, Amazônia, Sergipe, Minas Gerais, Rondônia, Paraná, Mato Grosso do Sul, Rio Grande do Sul, São Paulo.

Rocha (2006) diz que em Cabo Verde, tal como nos outros países do sahel, além do déficit das chuvas, a população é a grande causadora da desertificação. Ou seja, as ações trágicas da seca, devem-se adicionar às do homem também, as ações traduzem-se essencialmente por: desmatamento devido a corte de lenha para a energia domestica, pastagem excessiva por animais, utilização inadequada de terras para fins agrícolas, prolongados cultivos sem tratamentos para as encostas de alto declivo.

2.OBJETIVO

O objetivo desta pesquisa é fazer uma abordagem a volta do tema seca e desertificação e das mudanças climáticas com foco principal no arquipélago de Cabo Verde. Pesquisar e divulgar a problemática atual da falta de água e suas consequências para o meio ambiente, para a sociedade, e como ideias sustentáveis podem amenizar o problema.

3. METODOLOGIA

A pesquisa apresenta uma revisão bibliográfica do tema seca e desertificação global e no caso específico de Cabo Verde, suas causas e os impactos para a sociedade, no meio ambiente auxilia-se de manuais, artigos, e discussões que abordam essa temática.

4. CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA E GEOLÓGICA DE CABO VERDE

Cabo Verde é um país africano constituído por dez ilhas. As ilhas são de origem vulcânica, de tamanho relativamente reduzido e disperso. Ocupa, no seu conjunto, uma superfície emersa total de 4.033 km² e uma zona económica exclusiva (ZEE) que se estende por cerca de 700.000 km² (Lima et al., 2009).

O arquipélago de Cabo Verde está localizado na margem oriental do atlântico médio, entre os paralelos 14^o48'N e 17^o 12'N, e os meridianos 22^o 44'W e 25^o 22'W, a uma distância aproximada de 500 quilómetros da costa senegalesa, o extremo poente do continente africano (Semedo, 2012).

Conforme Semedo (2012), esta localização faz com que Cabo Verde fique inserida na imensidão que é a zona saheliana que atravessa o continente africano, da costa do atlântico até ao mar vermelho.

De acordo com Tigrão (2010), o sahel é uma extensão semiárida submetida, ano a ano a invasão do deserto. Distingue-se, por ser uma faixa de terra que se estende ao sul do sahara do leste ao oeste da África. O sahel é zona de transição entre o deserto e a savana. A baixa pluviosidade, baixa fertilidade dos solos e secas de ano de duração são características da região. Fazem parte os seguintes países Mauritânia, Senegal, Cabo Verde, Mali, Burkina Faso, Niger, Nigéria, Chad, Sudão, Eritreia, Etiópia, Djibuti e Somália.

4.1 Caracterização do clima em Cabo Verde

O clima de Cabo Verde tem como característica o déficit hídrico e pela volubilidade da precipitação, o que conciliado com a pequena dimensão das propriedades e as elevadas inclinações das parcelas, produzem numerosas taxas de erosão, o que acaba sendo a principal ameaça ao sector agrícola (Baptista et al., 2012).

Segundo Semedo (2012) a característica mais evidente do arquipélago que faz parte da zona climática do Sahel africano, é a longa estação seca durante o ano e a irregularidade de chuva interanuais. Na extensão do Sahel além das oscilações anuais, se registra ciclos de períodos húmidos que se alternam por vários anos de secas prolongadas, ainda diz que as causas dessas alternâncias, ainda constituem temas de discussões.

A precipitação apresenta uma grande variação interanual, não só no que respeita à distribuição temporal, mas também territorial. A chuva cai habitualmente com grande intensidade, e não é invulgar que o montante anual num dado local caia em dois ou três grandes episódios chuvosos. Este padrão é válido para as ilhas montanhosas (590mm no Monte da Velha na ilha do Fogo) como para as mais planas (350mm na ilha de Maio) (Baptista et al., 2012).

4.2 A seca e a desertificação em Cabo Verde

A perda das terras e o aumento da desertificação representam uma autêntica ameaça e significativa para as nações dos países da comunidade de países de língua portuguesa (CPLP), incluindo Cabo Verde, as quais enfrentam a ameaça da desertificação com níveis diferentes de proporção e incidência territorial (Lima et al., 2011).

Cabo Verde sofre iminentemente os efeitos das secas. Os impactos sobre a população são no entanto, são mais graves já que a deslocação das pessoas para áreas menos afetadas é praticamente impossível pelo facto de ser um país insular (Baptista et al., 2012).

Rocha (2006) alerta sobre a situação da desertificação e destaca uma sequência de riscos e situações de vulnerabilidades, seguidos de impactos socioeconómicos e estratégias de adaptação. A análise aponta as possíveis estratégias de adaptação e busca de soluções em Cabo Verde.

De acordo Lima et al (2009), no arquipélago de Cabo Verde o fenómeno da desertificação manifesta-se em todo o país de forma diferente e de acordo com as características de cada ilha, após a independência algumas estratégias de proteção a natureza, foram tomadas.

No ano de 1995, Cabo Verde foi o primeiro país africano e o segundo no mundo a assinar e ratificar a convenção de luta contra a desertificação. Mostrando a importância dada à referida convenção. (Lima et al, 2009)

4.3 Estratégia no combate a seca e a desertificação

Para combater a desertificação o país apela a planos, programas e projetos estratégicos como auxílio. Destacam-se entre vários planos setoriais de desenvolvimento, o programa de ação de luta contra desertificação, a estratégia e plano de ação nacional sobre mudanças climáticas, o programa de ação florestal nacional. (Borges, 2007)

A disponibilidade da comunidade internacional, pôs a mercê de Cabo Verde, créditos que foram utilizados no reequilíbrio do delicado ecossistema cabo-verdiano, com a entrada do programa de rearboração, que contou com uma enorme adesão e comprometimento de uma grande parte da população de forma entusiasta, conhecido como o programa de reconstrução nacional. (Baptista et al, 2012)

Fazer parte deste programa deu uma investida à luta contra a seca e a desertificação, tecendo uma mobilização social sem precedentes engajando todos os estratos sociais de forma distinta em torno da causa ambiental, com o grande objetivo de contrariar o quadro climático-ambiental imperante, criando um novo dinamismo e uma adesão massiva da população de todas as faixas etárias, desde estudantes, trabalhadores, políticos e intelectuais. (Baptista et al, 2012)

Segundo Pina, (2008), a água potável compõe um recurso natural de grande escassez em Cabo Verde facto que impõe a necessidade de se valorizar os recursos disponíveis e se recorrer às tecnologias de dessalinização de água salobra ou salgada do mar (85% do abastecimento de água potável) como fontes alternativas. A estas fontes de água para o consumo humano crescem os vários furos de exploração, as nascentes e poços.

Para Ferreira, (2014) Cabo Verde aproxima-se do alcance de exploração de água potável no subsolo, pois as quantidades de água subterrânea estão estimadas em 60 milhões de m³/ano e a exploração atual ronda os 40 milhões m³. Até 2020, com o ritmo de desenvolvimento do país, as necessidades ascenderão para 90 milhões de m³/ano sendo certo dizer que se encontra estabelecido que "cada pessoa tem direito a 40 litros de água diários dos quais 5 litros devem ser de água potável". Para cumprir esta finalidade Cabo Verde tem desenvolvido ao longo das últimas duas décadas vários projetos para amainar a exploração dos lençóis freáticos.

4.4 Como as Mudanças Climáticas afetam Cabo Verde

Segundo Côté et al. (2012), Cabo Verde é um exemplar notável de vulnerabilidade às mudanças climáticas. Pelo facto de seu um país insular e as características climáticas (comuns a zona saheliana) efeitos graves sobre debilitado ecossistema, e sobre as pessoas que dela dependem, devido às mudanças climáticas.

De acordo com Côté et al. 2012), a comunicação nacional inicial de Cabo Verde destacou para a convenção quadro das nações unidas para as mudanças climáticas a água, os bosques, o desenvolvimento costeiro, agricultura e pecuária como os sectores mais vulneráveis. Aproximadamente toda a água para beber ou irrigar é provinda da dessalinização, que é um processo de consumo extremo elevado de energia; as guarnições de água subterrânea são cada vez mais escassas e contaminadas por água salgada, enquanto a precipitação e a umidade relativa do ar deverão diminuir. Assim, as mudanças no clima comprometerão a segurança alimentar, que, por sua vez, afetarão o desenvolvimento rural, sendo, portanto, passível de provocar a migração interilhas, que mudará a pressão para as zonas peri-urbanas.

"As projeções climáticas para Cabo Verde visam um futuro mais quente e seco. Os protótipos do painel intergovernamental sobre as alterações climáticas (PIAC) preveem um aumento nas temperaturas médias de até 2,5 °C para a região do Atlântico tropical oriental, e uma diminuição da umidade e precipitação de 5-10% por ano. Dependendo das matrizes e das fontes, prevê-se que o nível do aumento do mar chegue a entre 0,13 e 1,4m até ao fim deste século" (Côté et al., 2012).

5. CONCLUSÃO

A seca e a desertificação têm afetado milhões de pessoas pelo mundo principalmente nos países subdesenvolvidos nas ultimas décadas. É visível o drástico aumento nos últimos anos em países desenvolvidos também. As ações do homem e as mudanças climáticas decorrentes do aquecimento global são uma das muitas causas que têm agravado a situação, fragilizando o solo e tornando inviável a agricultura aumentando a fome e ao acesso a água potável para consumo e uso da população.

A falta de água paralisa obras e compromete todos os processos na construção que dependem e muito deste recurso cada vez mais caro e escasso. Encarecendo as empreitadas, dificultando o cumprimento de datas e prazos, acabam gerando prejuízos enormes.

A comunidade internacional vem acompanhando esse fenômeno e em prol desse desafio, várias cimeiras e conferências de países veem se realizando em busca de soluções para combater e lutar contra a seca e a desertificação, e também amenizar os efeitos do clima.

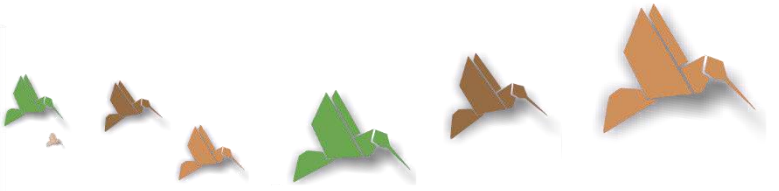
Em Cabo Verde onde a seca e a desertificação faziam parte da totalidade do cenário, com as mudanças climáticas vieram as chuvas esporádicas que acabam causando inundações e alagamentos pela falta de infra estruturação ligadas a essa nova realidade, problema que não faz com que regularize a falta de água ou a seca, porque cair num dia o equivalente ao que poderia chover em meses, mas o resto do ano continua seco. Então é preciso adaptar a engenharia a nova realidade do país, as necessidades atuais e precaver as lacunas que surgem em prol deste novo momento delicado.

Os processos desenfreados pelas mudanças climáticas, não somente a seca e a desertificação podem ser minimizadas, controlados, evitados e até mesmo revertido por isso a sensibilização e acompanhamento são importantes, o comprometimento da população, do governo e de todos, para a preservação ambiental e as gerações futuras não sejam comprometidas.

REFERÊNCIAS

- Baptista, I. & . Ferreira, A.J.D & Tavares, J. 2012. *A luta contra Desertificação em Cabo Verde*.
- Borges, A. 2007. *O Estado da Arte da EA em Cabo Verde – Galiza*.
- Carvalho, M. L. S & Brito, A.M. & Monteiro, E.P. 2010. *Plano Nacional de Saneamento Básico*. Cidade da Praia, Cabo Verde.
- Côté, M. & Querido, A. 2012. *Integração das Mudanças Climáticas em Cabo Verde* Avaliação de Riscos e Oportunidades Climáticas. Disponível em: <<http://www.preventionweb.net/files/FolhetoPNUD-CV-PT-Web.pdf>>. Acesso em: 20 maio 2015.
- Faria, C. 2015. *A desertificação*. Disponível em: <http://www.infoescola.com/geografia/desertificacao/>. Acesso em: 23 maio 2015.
- Ferreira, V. 2014. *Conflitos e participação no uso da água da Barragem de Poilão, Ilha de Santiago, Cabo Verde*.
- Fragoso, M. 2007. *Estudos sectoriais vulnerabilidade e adaptação às mudanças climáticas em Cabo Verde*.
- Inocêncio, D. 2012. *Construção e Arquitetura Sustentáveis em Cabo Verde: Estudo de Estratégias de Projecto Sustentável*.
- Ki - moon, B. 2009. *Desertificação afecta 1/3 da superfície da Terra*. Disponível em: http://diariodigital.sapo.pt/news.asp?id_news=393892. Acesso em: 22 Maio 2015.
- Lima, D. & Rocha, C. Y; Santos, M. 2009. *Relatório final de consultoria nacional de Cabo Verde*". Convenção das Nações Unidas de Combate à desertificação
- Lima, R.C.C. & Cavalcante, A.M.B, Marin, A. P. M. 2011- *INSA Desertificação e Mudanças climáticas no Semiárido Brasileiro*.
- Lopes, L. 2001- *Manual Básico de Construção - Guia ilustrado para a construção de habitação*. Ministério das Infra-estruturas e Habitação. Mindelo.
- MAAP. 2002. *Plano de Acção Nacional para o Ambiente (PANA)*, Praia, Cabo Verde.
- MAAP. 2004. *Plano Ambiental Intersectorial – Ambiente e Educação, Formação e Sensibilização*, (PAIS – Educação). Praia – Cabo Verde.
- Magalhães, A. R. 2013. *Da seca ao deserto*. Disponível em: <http://www.cgee.org.br/comunicacao/exibir_clipping.php?chave=604>. Acesso em: 26 maio 2015.
- Matallo Jr, M. 2012. *Ensaio sobre Desertificação, políticas ambientais, e Desenvolvimento Sustentável*.
- Pachêco, A. da P. et al. 2006 *A transdisciplinaridade da desertificação*.
- PFIE 2000. *Plano de perenização e Generalização da Educação Ambiental*. Relatórios e documentos do projeto. Praia – Cabo Verde.
- Pina, C. 2008. *Água e desenvolvimento sustentável – O caso de Cabo Verde*.

Rocha, C.Y. 2006. *Relatório do Perfil Temático na área da desertificação/ degradação de terras*.
Semedo, J. M. 2012. *As Ilhas de Cabo Verde – O território, o Ambiente e a Nação*. Praia. Cabo Verde.
Tigrão, L, F. 2010. *A Regionalização do Espaço Geográfico Mundial*. África.



Chapter 7

Mitigation of impacts in urban areas

SBE16 Brazil & Portugal
Sustainable Urban Communities towards a Nearly Zero Impact Built Environment
ISBN: 978-85-92631-00-0



Traffic Quality Index to intersections considering fuel efficiency

Fabianne Miranda Aguiar

Federal University of Espírito Santo, Civil Engineering Postgraduation, Vitória (ES), Brazil
fabianneaguiar@gmail.com

Marta Monteiro da Costa Cruz

Federal University of Espírito Santo, Civil Engineering Postgraduation, Vitória (ES), Brazil
marta.cruz@ufes.br

Gregório Coelho de Moraes Neto

Federal University of Espírito Santo, Civil Engineering Postgraduation, Vitória (ES), Brazil
gregorioufes@msn.com

Adelmo Inacio Bertolde

Federal University of Espírito Santo, Civil Engineering Postgraduation, Vitória (ES), Brazil
Adelmo.ufes@gmail.com

ABSTRACT: The environmental conditions of urban areas are directly affected by the operation in their road intersections and by the amount of vehicles and its dispersion throughout the day. To measure these conditions, the present study aims to propose a Traffic Quality Index (TQI) applicable to urban intersections and for comparing traffic performance, bringing a comprehensive methodology about the parameters involved in intersection quality. To prepare the TQI, it was used the Delphi methodology, through opinion of traffic experts. The results supported the selection of a group containing five parameters, namely: delay per vehicle; stops per vehicle; average speed; fuel efficiency and queue size. The formulation of the TQI has been established based on the values of parameters scored and their respective weights and evaluated for use of sum or product. Aiming at its validation, the TQI was applied to four intersections (two of them non-signalized and the other two signalized), simulated by Synchro Studio 9 software, and the results were compared with those obtained by the HCM (Highway Capacity Manual) and ICU (Intersection Capacity Utilization). It was found that the TQI product is more sensitive to roads changes and is a tool to assist the development and evaluation of urban road design and traffic planning, and that its use is complementary to the HCM and ICU methodologies.

Keywords *Traffic Quality Index, traffic simulation, urban road intersections analysis, microscopic model; Delphi Methodology*

1. INTRODUCTION

The environmental conditions of urban spaces for vehicles are directly affected by the operation at their intersections, the number of vehicles traveling on the road network and its dispersion throughout the day. With the growth of cities and the consequent increase in the amount of circulating vehicles, public agencies responsible for the planning of cities have required impact studies road of new projects (Brazil, 2001). These studies are aimed, among other things, assess the current quality of road intersections and estimate the future quality in a pre-established horizon.

There are several methodologies that can be used in studies of intersections, such as the Webster Method (Webster & Cobbe, 1966) and Percentile Method (Trafficware LLC, 2014). The most widespread is the Highway Capacity Manual - HCM (Transportation Research Board, 2010). The HCM has the criterion for evaluating the identification of delay per vehicle intersection or approach, measured in seconds per vehicle. Another very common methodology is Intersection Capacity Utilization - ICU (Husch & Albeck, 2003), which compares the volume of active traffic at the intersection with a traffic capacity.

However, the available methodologies are not yet able to predict the quality of traffic through a broader approach that considers a set of more comprehensive variables related to the quality and fuel efficiency, like delay per vehicle and capacity of the intersection, as mentioned, and number of stops, vehicle emissions, among others. In this sense, this paper proposes a Traffic Quality Index - TQI, whose determination was based through transport specialists opinion and quality indicator variables that could be measured by applying traffic simulation.

The formulation of TQI was based on procedure adopted by studies using the Delphi Methodology (Dalkey & Helmer, 1963) to obtain the opinion of experts to identify variables related to quality indexes (Menezes 2011, Junior 2008, Souza 2008, Lopes & Libânio 2005, Ferreira & Sanches 2001, Hamkoski 1998). The final selection of the parameters was the result from consensus opinions obtained in feedback round.

The establishment of a Traffic Quality Index is of great importance for road impact assessments and can support decisions on physical and operational changes on urban roads. In this context this study is innovative because it provides a more comprehensive approach to assessing the quality of traffic that presented by the most known methodologies available.

2. IQT DEFINITION

2.1 Steps considered for the TQI

The TQI setting method is divided into sequential steps, being necessary, firstly, the formulation of the index, followed by traffic simulation, sensitivity analysis and validation. Figure 1 shows the list with steps and activities of the study. It is important to note that in the simulation stage were modeled intersections in two versions to enable sensitivity

analysis. The version "A" shows the simulation of the real traffic volumes collected, whereas version "B" shows the simulation of half traffic volumes.

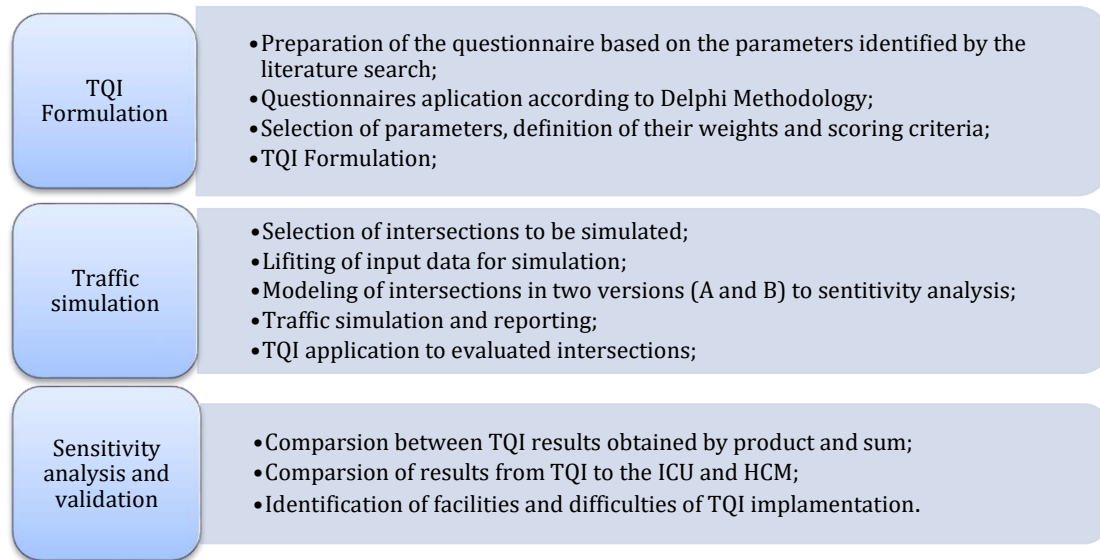


Figure 1. Steps and activities for elaboration of TQI. Source: Aguiar, 2016

2.2 IQT Formulation

Following Delphi methodology (Dalkey & Helmer, 1963), two questionnaires were applied to experts who works with traffic planning or operation, one in each stage of the research. In the first stage, the Questionnaire 1 had variables related to quality indicators and participant should choose which would be included in the general equation and establish a weight of 0 to 100. Nine variables that indicates the quality of movement or environment and that can be obtained by traffic simulation were evaluated. They are: delay per vehicle (s); stop delay per vehicle (s); stops per vehicle (stops/veh); average speed (km/h); fuel efficiency (km/l); vehicles with denied entry to the road network (veh); maximum queue lengths (m); average queue length (m) and 95th percentile queue length (m).

Once these variables are measured on different scales and units, it was also necessary to establish, in the first stage, scoring criteria able to parameterize the values for variables in a predetermined range.

In the next step, the second questionnaire was applied showing the statistics based on the previous questionnaire answers. This way the participants could re-evaluate their answers based on the previous opinion of the group and, thus, allow the convergence of the results.

After completing the steps of selection of variables, assigning weights and scoring criteria, was made a sensitivity analysis of the index using the forms of sum and product operators, as the following equations (Equation 1 and Equation 2). These formulations represent two forms of aggregation of subindices commonly used to obtain a final index (Abbasi & Abbasi, 2012).

$$TQI_s = \sum_{i=1}^N W_i Q_i \quad (1)$$

$$TQI_p = \prod_{i=1}^N Q_i^{W_i} \quad (2)$$

where TQI_S = Traffic Quality Index – sum formulation; TQI_P = Traffic Quality Index – product formulation; W = weight assigned to each variable; Q = score of the intersection for each selected variable, according scoring criteria developed; i = each variable included in the calculation; N = total number of variables included in the calculation.

2.3 Delphi Questionary Application

Questionnaire 1 was sent to a group of about 40 experts obtaining 23 valid responses, of which 18 have continued to research by completing the questionnaire 2. There is no consensus in the literature on the number of participants used in Delphi studies (Sandford & Hsu, 2007), however most of them uses between 15 and 20 responders (Ludwig, 1997).

The profile of respondents is made up of independent professionals, consultants, civil servants and academics who work with urban and transportation planning and traffic control in the Brazilian states of Espírito Santo, Rio de Janeiro, Ceará, São Paulo, Rio Grande do Sul and Brasília. Table 1 shows the results obtained regarding the inclusion of variables. The results show that the variable 9 (95th percentile queue length) was not a relevant factor for calculating the TQI, according to the opinion of the respondents.

Table 1. Results obtained in the Questionnaire 2 – Variables inclusion

Nº	Variable	Measurement	Answers (%)		
			Include	Not to include	Undecided
1	Delay per vehicle	Seconds	94.4	5.6	0.0
2	Stop delay per vehicle	Seconds	83.3	16.7	0.0
3	Stops per vehicle	Stops/veh	72.2	22.2	5.6
4	Average speed	Km/hour	83.3	16.7	0.0
5	Fuel efficiency	Km/litre	83.3	16.7	0.0
6	Vehicles with denied entry to the road network	Units	66.7	33.3	0.0
7	Maximum queue length	Meter	83.3	16.7	0.0
8	Average queue length	Meter	100.0	0.0	0.0
9	95th percentile queue length	Meter	44.4	33.3	22.2

PS: Highlighted the highest values

The final responses were evaluating for inclusion rate, which was calculated for insertion into the TQI formulation to include divergent views of the respondents. Its value is equivalent to the percentage of inclusions to the total of valid responses (Lopes & Libânio, 2005), considering only the results "include" and "not to include". Regarding the weights of the variables, it took the median of the results in order to avoid the influence of extreme points. It arbitrated that the sum of all weights should result in one (1), thereby yielding the final weight used at the general TQI equation. Table 2 shows the results obtained.

Table 2. Inclusion rate, median and final weight of the variables evaluated in the questionnaires

Nº	Variables	Resposes		Incl. rate x Weigth	Final weigth
		Inclusion rate	Weigth		
1	Delay per vehicle	0.9444	7	6.61	0.2778
2	Stop delay per vehicle	0.8333	8		
3	Stops per vehicle	0.7647	7	5.35	0.2250
4	Average speed	0.8333	5		
5	Fuel efficiency	0.8333	7	5.83	0.2450
6	Vehicles with denied entry to the road network	0.6667	5		
7	Maximum queue length	0.8333	8		
8	Average queue length	1.0000	6	6.00	0.2522
9	95th percentile queue length	0.5714	5		
			Sum	23.79	1.0000

Variables with inclusion rate lesser than 70% were excluded (variables 6 and 9). Variables 2 and 7 were exclude to avoid redundancy since they have lower inclusion rates than the variables 1 and 8, respectively. Variable 4 was exclude because the delay is dependent on vehicle average speed, among other factors.

2.4 Scoring criteria development

The selected variables were scored according to the classification given by the traffic simulator (Husch & Albeck, 2003), except “queue size” that was given by expert opinion because the software does not classify this variable. Thus, graphics were produced by correlation between the results ranges presented by the software to "delay per vehicle", "stops per vehicle" and "fuel efficiency" and standardized scale ranging from 0 to 10. These are graphs presented in Figure 2. It was used polynomial correlation because its greater adherence to the collected data.

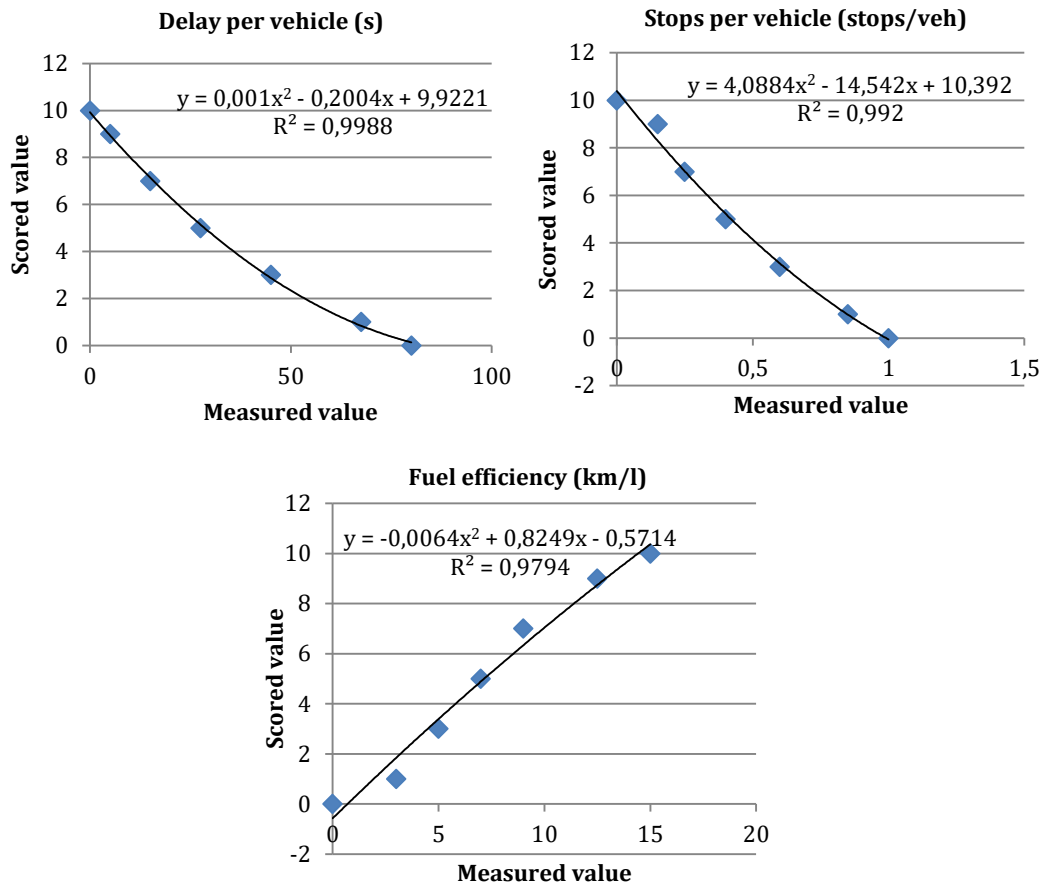


Figure 2. Score criteria to “delay per vehicle”, “stops per vehicle” and “fuel efficiency” variables.
 Source: Aguiar, 2016

The development of scoring criteria for the variable "queue" dismissed the outliers. A correlation was make between the valid responses from the questionnaires and the standardized scale, as shown in Figure 3. Note that the sensitivity of queue size decreases as increase its size.

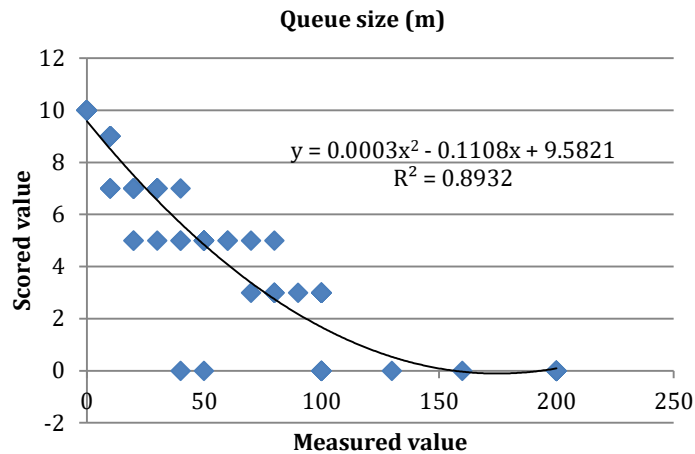


Figure 3. Score criteria to “Queue size” variable. Source: Aguiar, 2016

Thus, the equations that defines the traffic quality variables for TQI are represent by the following linear regression equations.

$$A = f(x) = 0.001x_a^2 - 0.2004x_a + 9.9221 \quad (3)$$

$$P = f(x) = 4.0884x_p^2 - 14.542x_p + 10.392 \quad (4)$$

$$E = f(x) = -0.0064x_e^2 + 0.8249x_e - 0.5714 \quad (5)$$

$$F = f(x) = 0.003x_f^2 - 0.1108x_f + 9.5821 \quad (6)$$

where A = Scored delay per vehicle (s); x_a = Measured delay per vehicle (s); P = Scored stops per vehicle (stops/veh); x_p = Measured stops per vehicle (stops/veh); E = Scored fuel efficiency (km/l); x_e = Measured fuel efficiency (km/l); F = Scored queue length (m); x_f = Measured queue length (m).

2.5 Traffic Simulation

Equations 3 to 6 were applied in the quality evaluation of four intersections that has different flows, geometries and operational logistics, considering the peak vehicle volumes and its reduce it by half, in order to analyze the sensitivity of the formulation to the same geometric and operational characteristics. These intersections were modeled and simulated using Synchro Studio 9 (Husch & Albeck, 2003) to enable the achievement of results of TQI variables and to compare it to the ratios obtained for HCM and ICU.

Currently, there are several softwares used for traffic simulation, such as Vissim, Rodel and Sidra (Shaaban & Kim, 2015), highlighting to SimTraffic, Corsin and Aimsun (Jones, Sullivan, Anderson, Malave & Naveen, 2004). Simtraffic from Synchro Studio 9 package was used in this research (Husch & Albeck, 2003), since that is the most used in the city under study and the database of the intersections was accessible. The information is initially created through mesoscopic analysis in order to be simulated through the microsimulation and animation traffic.

The intersections selected for the simulation was a roundabout (intersection 1), a unsignalized (controlled by signal "stop" sign - intersection 2) and two pretimed (one with 3 and another with 4 branches - intersections 3 and 4). To sensitivity analysis, for each

intersection was simulated an "A" version, with peak hour volumes, and a "B" version, with the volumes of the first version reduced by half. Figure 4 shows the geometric representation of the intersections.

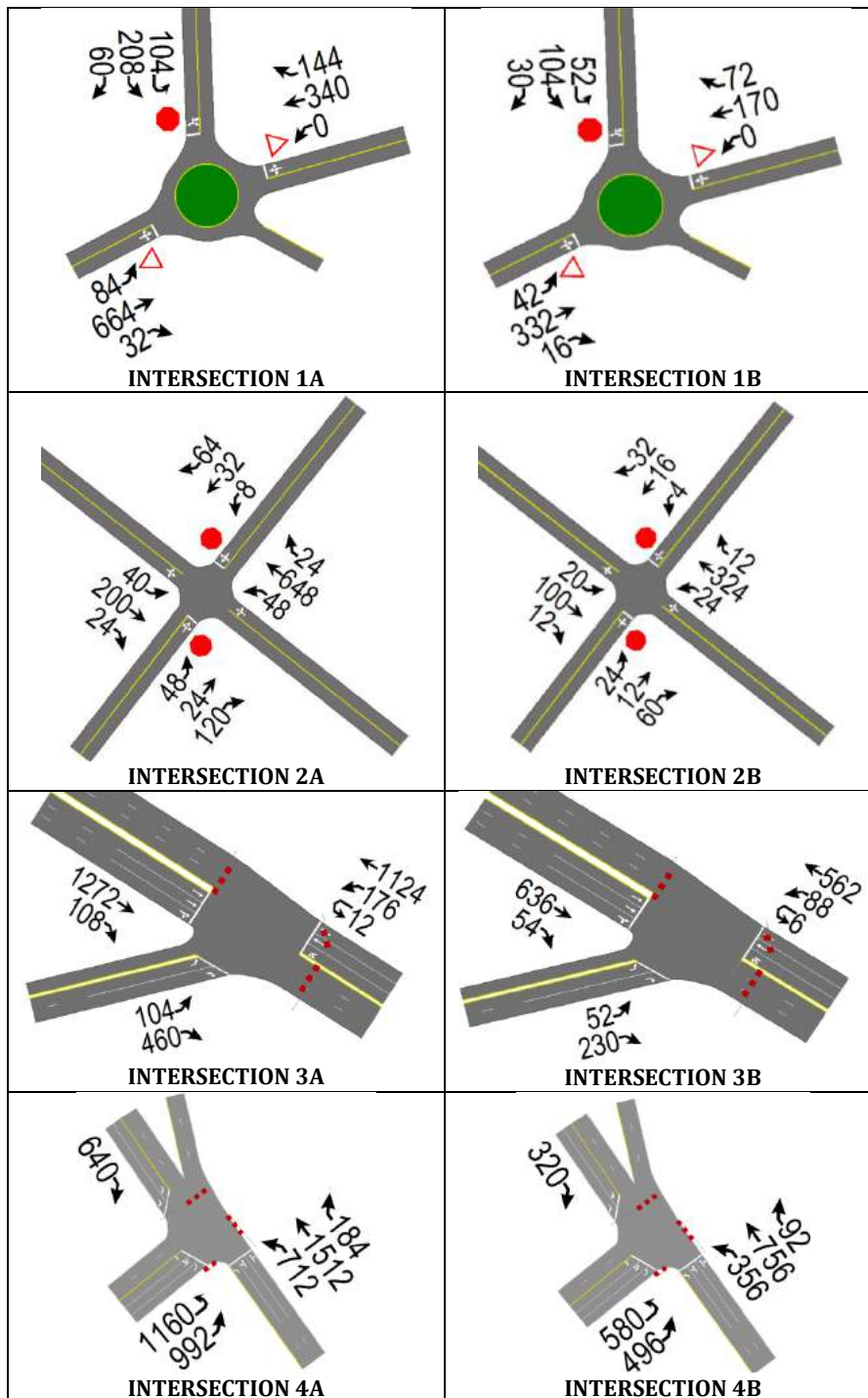


Figure 4. Geometric representation of the analyzed intersection. Source: Aguiar, 2016

The traffic simulation was performed with the software standard configurations and the total simulation time was 10 minutes. The results for delay and ICU are shown in Table 3 with their respective levels of service. The qualitative scale used to quantify "delay" level of service is the one presented by the (Transportation Research Board, Highway Capacity

Manual, 2010), while to quantify the "ICU" level of service is the one presented by (Husch & Albeck, 2003).

Table 3. Simulation results – delay and ICU

Intersection	Delay (s)		ICU	
	Measurement	Level of service	Measurement	Level of service
1A	43.4	E	0.99	F
1B	7.5	A	0.55	A
2A	12.3	B	0.68	C
2B	3.5	A	0.41	A
3A	68.5	E	0.77	D
3B	19.1	B	0.44	A
4A	20.6	C	0.84	E
4B	10.8	B	0.47	A

The results measured for input variables from TQI are shown in Table 4 with the respective scored values resulting from the application of the Equations 3-6.

Table 4. Results for measured and scored variables

Intersection	A		P		E		F	
	ME	SC	ME	SC	ME	SC	ME	SC
1A	7.4	8.49	0.25	7.01	4.6	3.09	27.45	6.77
1B	2.6	9.41	0.27	6.76	8.4	5.91	10.85	8.42
2A	2.8	9.37	0.30	6.40	11.9	8.34	10.98	8.40
2B	1.5	9.62	0.21	7.52	13.2	9.20	5.63	8.97
3A	18.8	6.51	0.48	4.35	4.0	2.63	38.30	5.78
3B	14.3	7.26	0.50	4.14	5.7	3.92	18.96	7.59
4A	17.2	6.77	0.36	5.69	2.0	1.05	39.14	5.70
4B	14.3	7.26	0.50	4.14	5.7	3.92	27.15	6.80

Note: ME = measured value; PN = scored value.

Then the TQI formulations were obtained through application of the final weights of the variables shown in Table 2 to Equations 1 and 2, resulting in Equations 7-8 listed below.

$$TQI_S = 0.2778A + 0.2250P + 0.2450E + 0.2522F \quad (7)$$

$$TQI_P = A^{0.2778} \times P^{0.2250} \times E^{0.2450} \times F^{0.2522} \quad (8)$$

where TQI_S = Traffic Quality Index – sum formulation; TQI_P = Traffic Quality Index – product formulation; A = Scored delay per vehicle (s); P = Scored stops per vehicle (stops/veh); E = Scored fuel efficiency (km/l); F = Scored queue length (m).

2.6 Sensitivity Analysis

The scored values were applied to Equations 7 and 8 to obtain the values of TQI_S and TQI_P , respectively, from intersections. These results are shown below in Table 5 by intersection groups (A = traffic volume obtained by counting, B = traffic volume obtained by counting halved).

Table 5. Results for TQI_S e TQI_P

Intersection	TQI_S			TQI_P		
	A	B	B-A	A	B	B-A
1	6.40	7.71	1.31	6.00	7.58	1.58
2	8.20	8.88	0.68	8.13	8.84	0.71
3	4.89	5.82	0.93	4.62	5.56	0.94
4	4.86	5.62	0.76	3.95	5.41	1.46

Observed up through the columns "B-A" that TQI presents best results with volume traffic reduction, even with sum or product formulation. Furthermore, it notes that the values of the TQI_P column "B-A" are larger than the corresponding IQT_S, indicating that the first index is more sensitive to changes attributed.

Table 6 presents a comparison values obtained for TQI with HCM and ICU, both indexes commonly used in traffic analysis. It is observed that TQI large variations not necessarily imply ICU and HCM large variations.

Table 6. Comparison values obtained for TQI with HCM and ICU

Interseccion	IQT _S	IQT _P	ICU	HCM
1A	6.40	6.00	F	E
1B	7.71	7.58	A	A
2A	8.20	8.13	C	B
2B	8.88	8.84	A	A
3A	4.89	4.62	D	E
3B	5.82	5.56	A	B
4A	4.86	3.95	F	F
4B	5.62	5.41	A	B

The values obtained by TQI did not follow those obtained by the ICU and the HCM. The simulation results show ICU values with classification F with TQI_S ranging between 4.86 and 6.40 and TQI_P ranging from 3.95 to 6:00, that represents a very high amplitude. This fact occurs as two intersections with the same capacity utilization may have different values for TQI input variables (delay per vehicle, stops per vehicle, fuel efficiency and queue length).

Another example is the existence of intersection with E classification to HCM showing its TQI_S ranging between 4.89 and 6.40 and its TQI_P between 4.62 and 6.00. The explanation for this is due to the fact that the TQI considers a wider range of variables in its composition to describe the quality of traffic. In addition, "delay per vehicle" values from TQI are obtained by simulation, while the HCM is calculated by its own methodology (Transportation Research Board, 2010).

3. CONCLUSIONS AND RECOMENDATIONS

The proposed index consists of indicators commonly observed in transport planning routine through computer simulation. This allows its use as a tool for assessing quality of traffic and can be applied as a criterion in the process of projects and transportation planning.

The design of the TQI based on the opinion of the expert group covered in this research indicates that the quality of the traffic of an urban intersection can be better analyzed if include in the formulation stops per vehicle, fuel efficiency and queue length, than just the delay per vehicle variable. Thus, although the ICU and HCM are used to analyze the quality of traffic, TQI covers better this concept because includes the other parameters, all of them directly related to the traffic quality.

About its formulation, the TQI application to the simulated intersections of this study showed greater susceptibility of the product equation to the traffic volume change effects, and it is recommended this as an assessment tool format.

It is important to state that the index should not be static, because as the computational simulation tools allow obtaining new variables with reliable results, the formulation of TQI should be reevaluated.

REFERENCES

- Abbasi, T., & Abbasi, S. 2012. *Water Quality Indices*. Elsevier.
- Brasil. 2001. *Lei Federal N.º 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências*.
- Dalkey, N., & Helmer, O. 1963. *An Experimental Application of the Delphi Method to the Use of Experts*. Management Science.
- Ferreira, M., & Sanches, S. 2001. Índice de Qualidade das Calçadas - IQC. *Revista dos Transportes Públicos - ANTP - Ano 23*.
- Hamekoski, K. 1998. *The use of a simple air quality index in the Helsinki Area*. Finlândia.
- Hsu, C.-C., & Sandford, B. 2007. The Delphi Technique: Making sense of consensus. *Practical Assessment Research & Evaluation (Vol 12 No 10)*.
- Husch, D., & Albeck, J. 2003. Trafficware Intersection Capacity Utilization. Albany, C. A., Estados Unidos: Trafficware Corporation.
- Jones, S., Sullivan, A., Anderson, M., Malave, D., & Naveen, C. 2004. *Traffic Simulation Software Comparison Study*. Alabama.
- Junior, C. 2008. *Formulação de um indicador de qualidade de acessibilidade das calçadas e travessias*. São Paulo.
- Lopes, V., & Libânio, M. 2005. *Proposição de um índice de qualidade de estações de tratamento de água (IQETA)*.
- Ludwing, B. 1997. Predicting the Future: Have You Considered Using the Delphi Methodology? *Journal of Extension*, 35. Disponível em: <http://www.joe.org/joe/1997october/tt2.html>.
- Menezes, J. 2011. *Índice de qualidade de água: Seleção de parâmetros, normalização de dados, agregação de parâmetros*. Rio de Janeiro.
- Santos, R. 2004. *Seleção de indicadores da Qualidade do Transporte Público Urbano de Passageiros por Ônibus*. Rio de Janeiro.
- Shaaban, K., & Kim, I. 2015. Comparison of SimTraffic and VISSIM Microscopic Traffic Simulation Tools in Modeling Roundabouts. *Procedia Computer Science*, 52, pp. 43-50.
- Souza, M. 2008. *Proposição de um índice de qualidade de água bruta afluyente a estações convencionais de tratamento de água*. Belo Horizonte.
- Trafficware LLC. 2014. *Synchro Studio 9 User Guide*.
- Transportation Research Board. 2010. *Highway Capacity Manual*. Washington, D.C., Estados Unidos: National Research Council.
- Webster, F., & Cobbe, B. 1966. Traffic Signals. *Road Research Technical Paper nº 56*.



Noise impact of urban mobility changes: Charitas tunnel case study.

Sérgio Portella Prange

Federal University of Rio de Janeiro, Urban Engineering Program, Rio de Janeiro (RJ), Brazil
sergioportella@ufrj.br

Julio Cesar Boscher Torres

Federal University of Rio de Janeiro, Urban Engineering Program, Rio de Janeiro (RJ), Brazil
julio@poli.ufrj.br

ABSTRACT: The City growth demands mobility and new paths to reduce the time expended in transportation of the urban population. However, in general, the increase of traffic and/or vehicle speed implies in more noise pollution. Noise pollution is considered by World Health Organization as cause of several health problems. In a Brazilian city, named Niteroi, a tunnel is being constructed in order to improve mobility issues, connecting a residential area to the boat station. However, the environment impact study performed by the municipalities did not consider properly the effects of larger vehicle flows and new express bus lanes through the residential area. In this work, the current acoustic scenario is analyzed and compared with the proposed by the government, using official projected data. The acoustic model of the area was built by noise measurements, vehicle flow counting data and land survey. The noise map generated by the acoustic model was validated by in loco measurements and allowed to evaluate both scenarios. The critical analysis pointed out to inadequate noise levels, when compared to the land use standard levels.

Keywords *noise pollution, acoustic modeling, urban engineering, acoustic impact.*

1. INTRODUCTION

Niterói is a medium size city in the neighbourhood of Rio de Janeiro and an important mobility project is being executed to connect the oceanic area to its harbour hub at Charitas District. The proposed mobility system uses exclusive lanes for buses in parallel to a bike lane. It is intended to allow a faster displacement from oceanic region neighbourhood to the Charitas District, where an intermodal connection is available. In order to reduce urban mobility problems at this region, a new tunnel is being constructed to transpose the Preventório Mountain, located between these two urban areas (Aleixo, 2014).

Although Niterói City has been founded in 1573, the first important housing development at the oceanic region, Vale Feliz, was only established in 1946, with the subdivision of the first glebe of Engenho do Mato Farm, one of the biggest sugar producer area. However, only after the Presidente Costa e Silva Bridge inauguration, in 1974, connecting directly Niterói and Rio de Janeiro cities, this area was effectively occupied. In the early 80's, the "Oceanic Region Specials Housing Developments" were created, constituted by high level houses, in horizontal condominiums and they were the cause of the large population growth rate at that time. Nowadays, the region is basically a residential area. The local commerce is intended to support its inhabitants and is established majorly along the main roads, from where people arrive at the region (NiteróiTV, 2013).

The oceanic region is composed by eleven districts, with nearly 69,000 inhabitants living in about 22,000 houses (IBGE, 2010). While population growth rate of Niterói City was 6 % between 2000 and 2010, the growth in this area was 23 % during the same period. Despite this high rate, the region has a high population potential growth, because it is constituted basically by houses and there is a low rate of inhabitants per km², when compared to the average city amount (Couto, Audiência pública do corredor viário transoceânica. , 2014).

The Niterói downtown area concentrates the main commerce, hospitals and the main ferryboat station, where 100,000 people travel from and to Rio de Janeiro every day. It is important to notice that a third of Niterói City population works out of the city and Rio de Janeiro is the main attractive pole (Aleixo, 2014).

Surrounded by mountains, there are few road options to move from the oceanic region to downtown and to the Rio the Janeiro City - the State capital. It ought to be done by the two main roads with winding route through the mountain. This new mobility project provides an alternative way to connect Rio de Janeiro to Niterói downtown and reduces from 14 km to 1.2 km the path from Cafubá to Charitas District.

The tunnel entrance starts at Cafubá District, near the Piratininga Lagoon, as shown in Figure 1. The design predicts streets enlargement to allow an exclusive lane for buses and two lanes for others vehicles, with a traffic estimative of 12,000 vehicles per day. After the interventions, an exclusive residential area will receive practically all the vehicle flow from the oceanic region, impacting on the family lives which have chosen this area mainly due to quiet environment, nature proximity and welfare.

The case study area is located in Cafubá District, between Piratininga Lagoon and Preventório Mountain, as can be seen in Figure 1. This residential area is near to the local beaches and far enough from the main traffic axis: Francisco da Cruz Nunes Road. Only their main streets are paved, but they are narrow and they do not allow three cars side by side. The local streets are not yet paved, which contributes to a low noise profile due to the smooth pavement characteristics and low speed traffic. Added to the prevailing silence, there is a living fauna along the street trees, including birdsongs and tamarin monkey presence.



Figure 1. Study area. Source: Google Earth, 2015.

This research goal is to analyze the actual acoustic scenario and compare it to a future one, described by the mobility project, after the interventions have been concluded.

2. NOISE INFLUENCE IN HUMAN BEING

The human hearing system is able to perceive pressure stimuli between 0.00002 and 60 Pa. This extremely large range is better represented using a logarithmic scale, which matches with the human being sensitive response (Fletcher & Munson, 1933). The Sound Pressure Level (SPL) caused by pressure variation can be obtained as

$$SPL = 10 \times \log \left(\frac{p}{p_0} \right)^2 = 20 \times \log (p) + 94 \text{ (dB)}, \quad (1)$$

where p is the sound pressure and p_0 is the reference pressure (0.00002 Pa).

The human ear perceives in different ways a stimuli caused from a sound wave, according to its frequency, even with the same SPL. In order to consider such influence on the measurements, the Brazilian and the international standards apply specific weighting

curves to correlate the measured SPL with the hearing excitation, according to the sound pressure levels (ISO 226, 2003)

There are many health impacts caused by high noise level exposition, such as memory loss, irritation, cognitive dysfunction, hypertension and temporary or definitive hearing loss (Fiocruz, 2015). The sound level equivalent to 65 dB(A) is considered by the preventive medicine as the highest level that people can be exposed, continuously, without any health damage (Belojevic & Jakovlevic, 1997).

The health costs to mitigate damage caused by high sound pressure exposure are very large. The Europe Union spent in 2008 between 0.3 % and 0.4 % of its gross national product (GNP), which means about 12.5 trillion of Euros. Japan spent 0.2 % of its GNP. To minimize these damages and consequently its repair costs it is necessary an adequate legislation and an active government policy. Despite the different acoustic criteria to evaluate the noise impacts, noise level has been reduced in Europe as a consequence of its committed policy (Arana, 2010) (Schwela, Finegold, & Gjestland, 2014).

The legislation has to be objective and adequate to affectively reduce the noise pollution. It is an interdisciplinary problem, involving new and quitter technologies on engines construction, new materials for paving, green absorptive facades, city morphology layout (height, shape and location of buildings), existence and location of urban voids, as squares and parks, and location of roads and acoustic barriers. All these factors contribute to reduce the urban noise, once properly combined (Guedes et al. 2011).

Brazilian legislation about noise in communities has as main reference the 10151 NBR standard (ABNT, 2000). This norm was adopted as federal legislation by the National Council of Environment, in 1990, named CONAMA Resolution n. 01 (CONAMA, 1990). This law defines noise pollution as an environment pollution.

3. NOISE MAP ELABORATION

To evaluate the noise pollution in the Niterói area, a noise map was build using a computer model and *in situ* measurements. At first, a satellite photo was obtained from Google Earth PRO application and inserted in CadnaA application (Datakustik, 2016). The acoustical model was created by adding the main area characteristics, such as road pavements, vehicle flows, building heights and green areas.

For model calibration and validation, noise measurements were carried out in eleven points, following the 10151 NBR specifications (ABNT, 2000). A class 2 sound level meter was calibrated and adjusted to type A weight curve (dB A), recording a SPL sample every 30 seconds, during at least 20 minutes in each location. Vehicle traffic was filmed during 10 minutes at least, simultaneously with the sound level measurement. The traffic flow was divided in light, heavy and motorcycles. The motorcycles are not considered by the RLS 90 standard (available at the software) to calculate the road acoustic power and therefore they were added as light vehicles.

The proximity to noisy sources, such as schools, dogs and civil constructions, were avoid to reflect the statistical behavior of the map and not specific location characteristics. Although this care, the noise from working machines was observed during the measurements, due to drainage and paving services already in progress. Some streets

were blocked by constructions and the traffic flow on these streets may be different than usual traffic. Nevertheless, it was perceived a high traffic of heavy vehicles involved in the constructions.

All measurements were carried out on day time. For simulation and map elaboration, the day period was divide in three: Day (from 10 am to 5 pm), Night (10 pm to 6 am) and Peak (6 am to 9 am and 5 pm to 8 pm). Vehicle flow per hour was extrapolated to all day period applying values measured by the author on the curves obtained from Traffic Engineering Handbook (Brasil, 2006) and adapted according to the area traffic characteristics observations. It is important to notice that the simulator implements European standards and considers European vehicles and pavements. Most of streets had land/sand as pavement, but this option is not available at the European standard, for instance. Therefore, some differences between measured and simulated values are expected and can be observed in Table 1, for the locations enumerated in Figure 1.

Table 1. Acoustic model validation: Measured and Simulated Pressure Levels in dB(A). Source: Author.

Measurement Location	Measured Level	Simulated Level	Absolute Difference
1	52	49	3
2	70	71	1
3	55	57	2
4	57	61	4
5	66	67	1
6	71	72	1
7	52	55	3
8	46	49	3
9	51	57	6
10	54	54	0
11	68	65	3

The level differences presented in Table 1 are due to several measurements uncertainties, such as traffic data extrapolation and road characteristics, that could not be precisely modelled in the simulator. Nevertheless, the levels are quite similar, with average error of 2,5 dB and standard deviation of 1,7 dB. The highest deviation occurred at locations 4 and 9 where the construction noise could not be avoided during the measurements. Therefore, it is expected that the noise maps generated are representative of the actual scenario.

Based on this scenario, a new model was created to predict the acoustic behavior of the urban area after the mobility interventions. The new model was developed by changing some characteristics of actual model, such as vehicle flow, streets geometry and pavements, according to the mobility plan provided by the municipality.

4. RESULTS

Four noise maps were produced for the actual and future scenarios: Day, Peak, Night and 24 h (all day average) maps. The Peak maps present the worst traffic case, with the highest noise levels. The 24 h maps show an overview of average level along all day period.

4.1 Actual Scenario

Table 1 presents very low noise levels for most locations, which confirms the quietness of the area and expected characteristic of an urban area predominantly residential. The maximum allowed levels, according to the NBR 10151 standard, are exceeded only at locations 2, 5 and 11, which are mixed residential and commercial areas, whose measurements were done at the main traffic roads.

Figure 2 presents the Peak noise map for the actual scenario and it can be observed that the standards limits are already exceeded in several areas. The standard limit to the mixed and commercial areas is 60 dB(A), but along the Francisco da Cruz Nunes Road, the noise level is higher than 75 dB(A) in the noise map. On Paulo de Melo Kale Avenue (point 5) and on Raul de Oliveira Rodrigues Avenue (Point 11) the standard limits were also exceeded. Noise map shows more than 65 dB(A) and even 70 dB(A) on some stretches of these avenues.

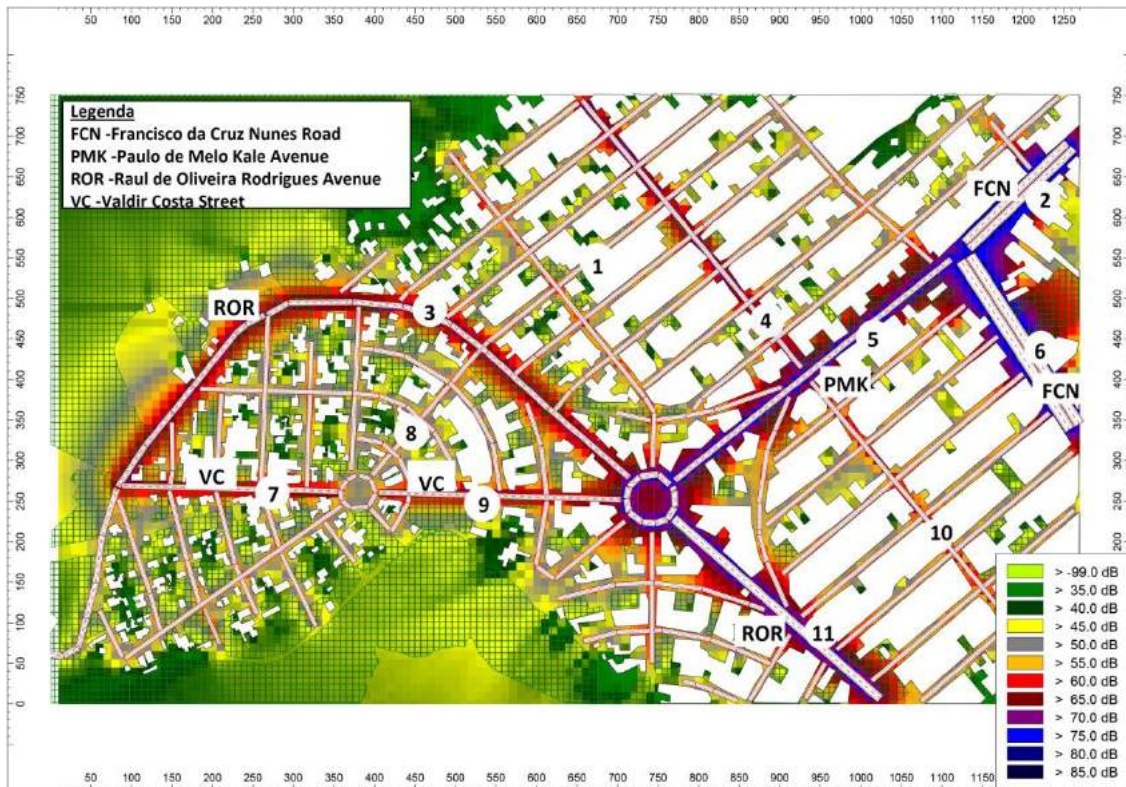


Figure 2. Actual scenario, Peak noise map. Source: author, 2016.

For the remaining streets, the standard limit is 50 dB(A), due to the residential land use. At Valdir Costa Street (points 7 and 9) more than 60 dB(A) was obtained. At Raul de Oliveira Rodrigues Avenue (point 3), despite the fact the limit was exceeded, this street has been extremely used by construction vehicles, as observed during measurement procedures.

Figure 3 presents the 24 h noise map, where no significant changes were observed. It means that the traffic flows at the peak hours do not interfere in the area noise. This is

because the main flow does not pass through the district along all day period, even during the peak hours.

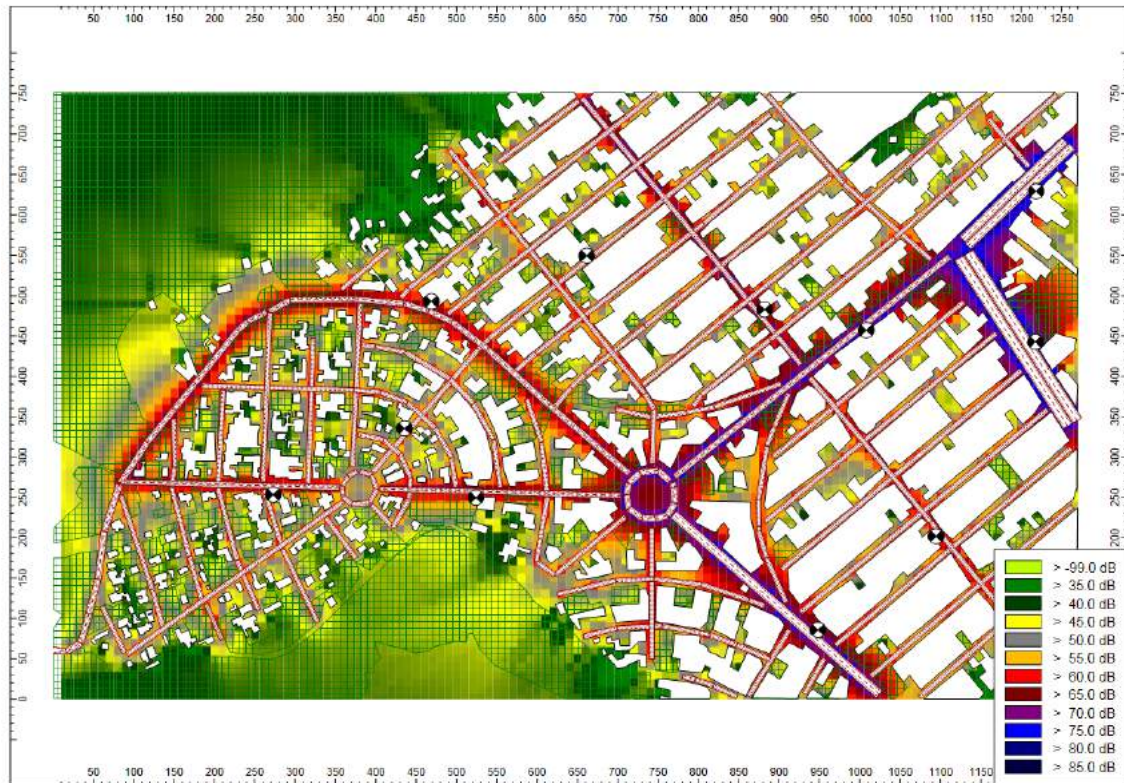


Figure 3. Actual scenario, 24 h noise map. Source: author, 2016.

4.2 Noise Evaluation After Tunnel

Figure 4 presents the noise map for the Peak period of the future scenario. The new traffic flow is higher than before the tunnel construction and a worse noise situation is predicted. It can be observed a level increase around the main streets which will receive most of the new traffic flow. On the other hand, the local streets, far from the main roads, are not significantly affected by noise level increase. Although it is not guaranteed, since part of the main traffic flow may find alternative ways through such streets to avoid occasional traffic jams. In this case, higher noise levels will be reached in the residential streets.

Figure 5 presents the 24 h map for the new scenario. Comparing figures 4 and 5 it can be stated that the Peak hours make difference in the area noise characteristics. At the peak hours, there were found higher levels than the average along the day.

When the actual and the new scenarios are compared, by contrasting figures 3 and 5, the level increase along the main streets and in some areas around is clear. Even the forest area is affected by the noise emitted along the main street which gives access to the new tunnel. Therefore, by such level analysis we conclude that the noise level increase due to the new mobility system will, at least, reduce the acoustic comfort in the area.

From the new scenario analysis, it is clear that people who live in the left side of the map will be submitted to a higher pressure level than they used to, exceeding the standard

levels recommendation. It can also be observed the noise impact over the forest, which, probably would affect the fauna.

Noise levels exceeding the law thresholds require state intervention to prevent people from being exposed to unhealthy situations. The cost of such interventions after the construction finish is higher than the costs with prevention and intervention during the constructions.

Several measures might be taken before and during the constructions to avoid, or at least mitigate, the noise levels increase promoted by new mobility layouts. The pavements material, vehicle velocities and trees planting along the road are just a few good alternatives to achieve the intended noise level thresholds.

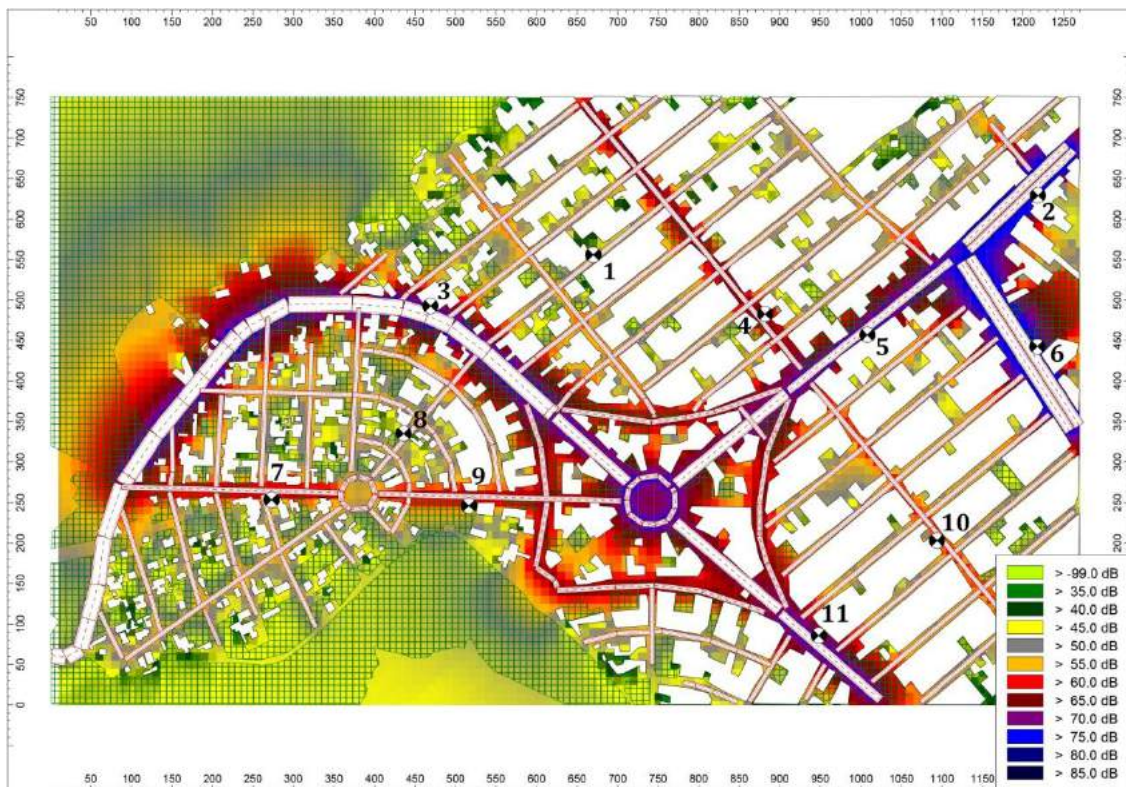


Figure 4. Future scenario, Peak noise map. Source: author, 2016.

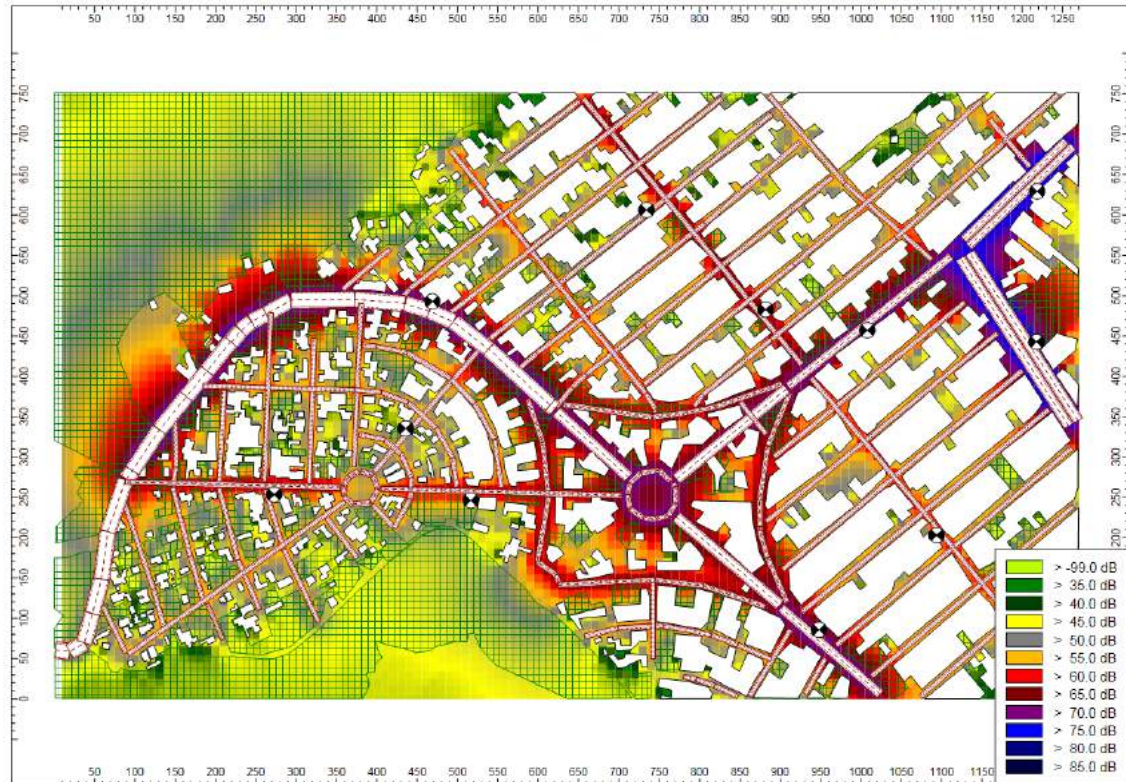


Figure 5. Future scenario, 24 h noise map. Source: author, 2016.

5. CONCLUSION

In this work, a comparison between actual and future mobility scenarios was performed. It has been shown that the mobility plan may affect the area by increasing the noise levels, especially along the main streets. This causes, besides the health problems, housing depreciation and important social and economical changes in the area, whose vocation was to be predominately residential.

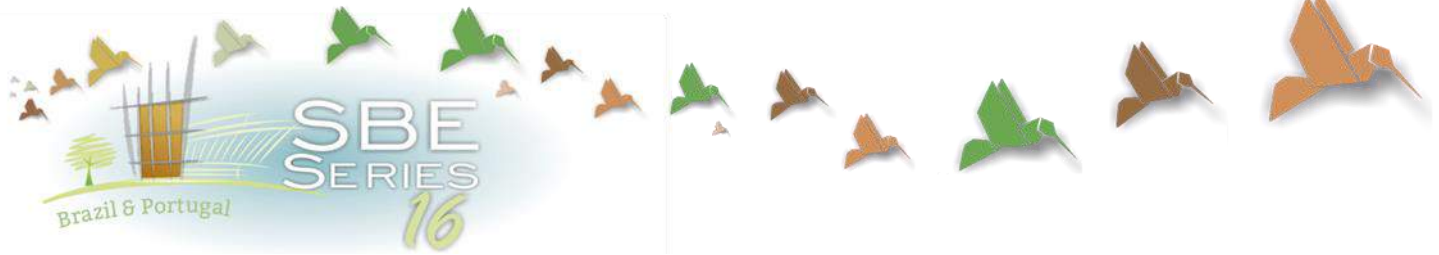
It was also observed that the main roads on the study area are already exceeding the standard limits. The interventions with no acoustic study will increase the noise level on some streets and will bring it into all a strict residential area.

The use of noise simulation tools, together with an accurate analysis of the traffic flow for new mobility plans and urban planning directives, allows to analyse the acoustical behaviour of urban areas and to evaluate their adequacy to the limits imposed by the laws.

Therefore, this and several other works contribute to alert and to demonstrate to the urban planning authorities the importance of a noise impact study as a tool to help saving costs and to provide more comfort to the dwellers when a mobility issue is being addressed.

REFERENCES

- ABNT. (2000). *NBR 10.151: Acústica - avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - procedimento*.
- Aleixo, P. (2014). *Estudo de impacto ambiental - eia - corredor viário transoceânico*.
- Andrade, P. (2014). *Estudo de impacto ambiental - eia - corredor viário transoceânico*. Niterói.
- Arana, M. (2010). Are urban noise pollution levels decreasing? *J Acoust Soc Am*. 2010 Apr; , 127(4), 2107-2109.
- 2014 *Audiência pública do corredor viário transoceânico*. Niterói
- Belejevic, G., & Jakovlevic, B. (1997). Subjective reactions for traffic noise with regard to some personality traits. *Environ Int.* , 23, 221-226.
- Brasil. (2006). *Manual de estudos de tráfego*. . Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Rio de Janeiro. IPR publicação 723.
- CONAMA. (1990). *Resolution number 1, from 1990 March 08. Diário Oficial da União. n.63 02/04/1990 p.6408*.
- Couto, M. (2014). *Audiência pública do corredor viário transoceânico*. . Niterói.
- Datakustik. (2016). *Datakustik CadnaA*. Acesso em 10 de junho de 2016, disponível em <http://www.datakustik.com/en/products/cadnaa>
- Fiocruz. (October de 2015). F.O.C. Biossegurança- riscos físicos.
- Fletcher, H., & Munson, W. (1933). Loudness, its definition, measurement, and calculation. *Journal of the Acoustical Society of America* , 5, 82-108.
- Guedes, I., Bertoli, S., & Zannin, P. (2011). Influence of urban shapes on environmental noise: a case study in Aracaju - Brazil. *Science of the Total Environment* , 412-413, pp. 56-66.
- IBGE. (2010). *Censo Demográfico 2010*.
- ISO 226. (2003). *Acoustics -- Normal equal-loudness-level contours*. International Organization for Standardization.
- NiteróiTV. (2015). *Niterói e suas história*. Acesso em October de 2015, disponível em www.niteroitv.com.br: www.niteroitv.com.br/guia/niteroi_historia.asp.
- NiteróiTV. (2013). www.niteroitv.com.br/guia/niteroi_historia.asp. Acesso em 10 de 2015, disponível em Niterói e Sua História.
- Schwela, D., Finegold, S., & Gjestland, T. (2014). Progress on environmental noise policies from 2008-2013 in Asia and the world. *Proceedings of InterNoise 2014*. Melbourne.



De basural a parque urbano; propuesta de regeneración urbana para la mitigación de impactos generados en la gestión de residuos en la ciudad de Coronel, Chile.

Carolina Catrón Lazo

Universidad del Bío-Bío, Departamento de Planificación Urbana, Concepción, Chile.
carolinacatron@gmail.com

Ricardo Azócar Ulloa

Universidad del Bío-Bío, Departamento de Planificación Urbana, Concepción, Chile.
r.azocar.u@gmail.com

ABSTRACT: Durante el siglo XX, la incorporación del capitalismo en Chile hizo del suelo una mercancía más, donde el estado y particulares ejercen sus intereses sobre el desarrollo del territorio. Este escenario se grafica en la distribución de equipamientos LULU o *Locally Unwanted Land Use* y la relación de contigüidad que mantienen con poblaciones de bajos ingresos, demostrando que los impactos negativos quedan restringidos a algunos residentes, gatillando manifestaciones y conflictos NIMBY o *Not In My Back Yard*.

Particularmente el área Metropolitana de Concepción, Chile, se caracteriza por una concentración de equipamientos LULU, con zonas vulnerables a la acumulación de éstos, como el caso de la ciudad de Coronel, la cual concentra cuatro centrales termoeléctricas, una cárcel, una planta de tratamiento de aguas servidas y un vertedero. El último de estos equipamientos vio finalizada su vida útil en el año 2004, el ex vertedero Playa Negra se presenta hoy como un pasivo ambiental con 4 hectáreas de suelo contaminado.

El objetivo de la investigación es desarrollar una propuesta de mitigación de externalidades negativas del ex vertedero Playa Negra, para definir estrategias urbanas de recuperación de suelo contaminado que puedan ser replicables en casos similares. La metodología contempla una etapa cuantitativa y cualitativa, identificando los alcances del impacto generado por LULUs de gestión de residuos en el contexto nacional y local, y una segunda etapa que desarrolla una propuesta de mitigación que dé cuenta de estrategias de diseño urbano y modelo de gestión para la recuperación de suelo contaminado por la acción de residuos.

Keywords *LULU, NIMBY, Gestión de residuos, Vertederos, Suelo contaminado, Regeneración Urbana.*

1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo propone estrategias de diseño urbano arquitectónico, basado en criterios de regeneración urbana aplicado al diseño de parques construidos sobre vertederos o suelos contaminados, para mitigar los impactos generados por este tipo de equipamiento sobre el contexto urbano.

La metodología se basa en un análisis cualitativo de parques construidos sobre antiguos vertederos: Balloon Fiesta Park, Mabel Davis Park, Millennium Park, Spectacle Island, Harborside Golf Center, Phoenix Golf Links, Regional Sports Parks, Earl M. Johnson Memorial Park Metropolitan Golf Park, Sutters' Landing Park and Mount Trashmore en Estados Unidos, Vall d'en Joan park en España, Ireland Giant Park, Normannenstrabe Park en Alemania, el San Giuliano Park en Italia, y el Parque Nancuiping and Qiaoyuan en China.

Además de un análisis cuantitativo y descriptivo basado en criterios de sustentabilidad y sistemas de evaluación y certificación actual, como *LEED Neighborhood Development* y *BREEAM Communities* para los barrios que incorporan criterios de regeneración urbana, pero llevado al caso específico de la recuperación de suelos contaminados por los parques urbanos.

En este análisis, se identificaron las fortalezas y debilidades de estos proyectos urbanos y sistemas de evaluación y certificación, para establecer una propuesta de criterios para el diseño urbano y arquitectónico de parques. Con esto se concluye en 7 criterios de intervención, con un total de 24 estrategias de diseño. Estos fueron aplicados a través de un caso de estudio: el diseño de un parque urbano en el vertedero Playa Negra en Coronel Chile.

2. LA DISTRIBUCIÓN DE LOS RIESGOS AMBIENTALES EN EL ESPACIO URBANO

El descenso de la calidad de vida en las grandes ciudades y la degradación del medio ambiente son problemas con una importante componente territorial, que ya no dependen mayormente de la riqueza de los países, sino más bien de la relación de contigüidad entre actividades, personas y medio ambiente en un mismo territorio. Esta relación de contigüidad se debe al crecimiento extensivo de las ciudades, forma de crecimiento que se encuentra directamente relacionado con la inclusión del capitalismo en el desarrollo de éstas, donde el suelo es una mercancía más que se compra y vende en mercados particulares (Winchester 2008). Participando con distinto protagonismo el estado y particulares que ejercen sus intereses sobre el desarrollo del territorio bajo las reglas de la oferta y la demanda.

Es por esto que en la ciudad extensa, regulada por el mercado, la distribución de la población en los espacios urbanos, y por lo tanto su accesibilidad a medios ambientes de calidad y mayor seguridad ante los riesgos, se encuentra cada vez más fuertemente condicionada por el nivel de ingreso de cada grupo social (Vaquez, Salgado 2009), resultando en que grupos de menores ingresos terminen accediendo a las zonas ambientalmente más degradadas, más contaminadas y que presentan las mayores amenazas de la ciudad y, por tanto, se configuran asentamientos que concentran mayores

grados de vulnerabilidad frente a amenazas ambientales o peores efectos sobre la salud de las personas y de los ecosistemas (Vásquez et al., 2008).

De este modo, en la ciudad extensa, bajo los preceptos de la mercantilización de los usos de suelo, hoy es virtualmente inevitable que un proyecto de inversión de gran o pequeña envergadura no tenga “vecinos” con los cuales interactuar, provocando el desarrollo de “Conflictos Ambientales Locales”, producto de los efectos externos físicos o ambientales que generan actividades o grupos, sobre terceros que comparten el mismo territorio o sobre ecosistemas. Estos impactos generados por actividades o grupos para mantener el crecimiento económico, por proyectos de desarrollo de las inversiones productivas y las obras públicas, así como los impactos de la evolución del poblamiento, desatan el fenómeno LULU o *Locally Undesirable Land Uses* (Usos de suelo socialmente necesarios pero localmente repudiados) y la visualización de este por el fenómeno NIMBY o *Not In My Back yard* (No en mi patio trasero) en las manifestaciones ciudadanas que se suceden contrarias al funcionamiento o a la ejecución o localización de estos equipamientos (Horah, Jan; Scott, Heather.1993)

Es así que el escenario construido por el mercado para los conflictos ambientales visualizados en el territorio, define ciertas variables asociadas al espacio, tales como que en la medida que los conflictos están originados por las externalidades, los problemas ambientales y urbanos plantean una cuestión de distribución. El problema de cómo se distribuyen las externalidades positivas y negativas asociadas a la realización de una actividad o proyecto en determinado territorio, donde los beneficios económicos pueden ser generalizados, pero los impactos negativos restringidos a algunos residentes, siendo la ciudad el escenario donde colisiona el "espacio económico" y el "espacio vital" (Friedmann, 1988). Bajo esta situación los economistas urbanos hablan de la necesidad de internalizar las externalidades urbanas. Quien provoca, con su actividad, efectos hacia el entorno que significan costos para los demás debería tener que asumirlos. Lo mismo debiese ocurrir si los efectos que genera hacia los demás son positivos. En uno y otro caso, es conveniente, tanto en términos de eficiencia como de equidad social, que esa persona o empresa se haga cargo de esos costos o tenga la oportunidad de capitalizar los efectos positivos (Sabatini, 1997)

Es así que los LULU, tales como termoeléctricas, cárceles, plantas de tratamiento, estaciones de transferencia de basura, rellenos sanitarios, vertederos, antenas de celulares, hospitales psiquiátricos y aeropuertos, representan paralelamente un problema como una oportunidad, donde el diseño urbano arquitectónico puede ser la herramienta para actuar en ellos. Particularmente el caso de los rellenos sanitarios o vertederos, por su vida útil predefinida, luego de su sellado son capaces de originar un nuevo espacio útil de grandes dimensiones para la ciudad; sin infraestructura desechada; a un costo de compra bajo comparado con un terreno cualquiera en el mercado; capaz de generar su propia energía; y con un alto potencial social de compensación a los ciudadanos afectados durante su operación.

3. CASO DE ESTUDIO

Con la mirada en Chile, es posible determinar la incidencia del mercado en el desarrollo de sus ciudades. La implementación de políticas neoliberales ha sido constante y consolidada sistemáticamente por el metabolismo del país durante los últimos años.

Desde 1979, con el Decreto Supremo 420, la liberalización de los usos de suelo se materializa, haciendo del territorio una mercancía transable. Esta decisión, con el retorno a la democracia en 1990, tras la dictadura desde 1973 hasta 1989, no fue revocada, sino todo lo contrario, ha sido parte fundamental de las políticas estatales para acceder a mejores estándares de infraestructura funcional para el desarrollo de las ciudades. Con esto, la liberalización de la ciudad y el surgimiento de grandes agentes y conglomerados económicos han hecho que el estado se repliegue de su rol como productor de ciudad, entregando a nuevos actores territoriales este rol. En las ciudades Chilenas esta situación se evidencia con la constante implementación de equipamientos LULU y sus consecuentes NIMBY. Un ejemplo icónico de ello es la comuna de Coronel.

Coronel se encuentra ubicada en el litoral costero de la zona centro-sur del país, en la Región del Biobío, Provincia de Concepción, a 30 kilómetros al sur de la capital regional. Posee una superficie de 279 km². Su centro urbano está calificado en la denominación de “ciudades intermedias”, ya que concentra más de 100.000 habitantes. Asimismo, Coronel no es una ciudad aislada, forma parte de un sistema de 11 ciudades que conforman el “Concepción Metropolitano”, la segunda conurbación más importante de Chile.

En la actualidad, la comuna se caracteriza por ser uno de los núcleos de desarrollo económico-productivo más importantes a nivel nacional, consolidándose como una de las ciudades emergentes con mayor dinamismo en materia portuaria, industrial, pesquera, forestal, energética e inmobiliaria, lo que ha generado como consecuencia un explosivo metabolismo urbano y con ello la acumulación de externalidades negativas propias de la actividad productiva, reflejándose, por ejemplo en los fenómenos NIMBY contrarios al desarrollo termoeléctrico dentro de la comuna desde el año 2006 hasta hoy (Azócar 2014).

Razón por la cual Coronel es una de las cuatro comunas Chilenas consideradas “Zona de Sacrificio”, por el PRAS, Programas de Recuperación Ambiental y Social del Ministerio del Medio Ambiente, y oficialmente se encuentra dentro de las ciudades de la Provincia de Concepción declaradas desde el año 2006 como “Zona Latente” por niveles de Material Particulado Respirable MP10, y desde 2015 como “Zona Saturada” por MP2.5, debido a que las concentraciones para estos contaminantes se encuentran sobre el 80% y sobre el 100% del límite diario máximo permitido, respectivamente. (Review of argument for declaring Gran Concepción cose to saturated in PM10, 2007).

Este contexto se desarrolló, debido a que una parte importante de las actuales industrias instaladas en el territorio comunal lo hicieron cuando el país no contaba con normas ambientales y de ordenamiento territorial eficientes, situación que paulatinamente tiende a cambiar desde fines de la década de 1990 con la definición y aplicación de diversos instrumentos regulatorios, como la Ley N° 19.300 de Bases Generales del Medio Ambiente (1994), el Reglamento del Servicio de Evaluación Ambiental (1997), SEA, la actualización del Plan Regulador Metropolitano de Concepción (2003) y el cambio del Plan Regulador de Coronel (2011). Sin embargo, no existieron medidas ni regulaciones suficientes para controlar el desempeño de la actividad productiva, y en específico las emisiones

contaminantes, ya que a la fecha se distinguen tres zonas productoras de externalidades negativas al interior del área urbana de Coronel: el Cordón Industrial Escuadrón Ruta 160, la Bahía de Coronel y Fundo Manco. Siendo éste último el nuevo sector de sacrificio, debido a que se está consolidando como un nuevo polo industrial con la presentación de proyectos al Servicio de Evaluación Ambiental como dos nuevas Centrales Termoeléctricas a carbón (2008), una Planta Chipeadora (2010), una Planta Cementera (2011), y la presencia del ex vertedero Playa Negra (cerrado en 2007).

De estos equipamientos, sólo el último ha finalizado su vida útil; el vertedero Playa Negra, representado en la Figura 1. Su superficie es de aproximadamente 4 hectáreas y estuvo en funcionamiento durante 20 años, fue cerrado durante al año 2007. Una vez terminada su vida útil y debido a la escasa fiscalización durante su actividad productiva, se constató que entre los principales impactos ambientales causados por la disposición de residuos, se encontraban; la afectación de la calidad del agua, tanto superficial como subterránea; la alteración de la cantidad de biomasa, del tipo vegetación y fauna; la alteración de las propiedades físicas, químicas y de fertilidad del suelo; y emisión de gases de efecto invernadero, como metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂) (Catrón, 2013).

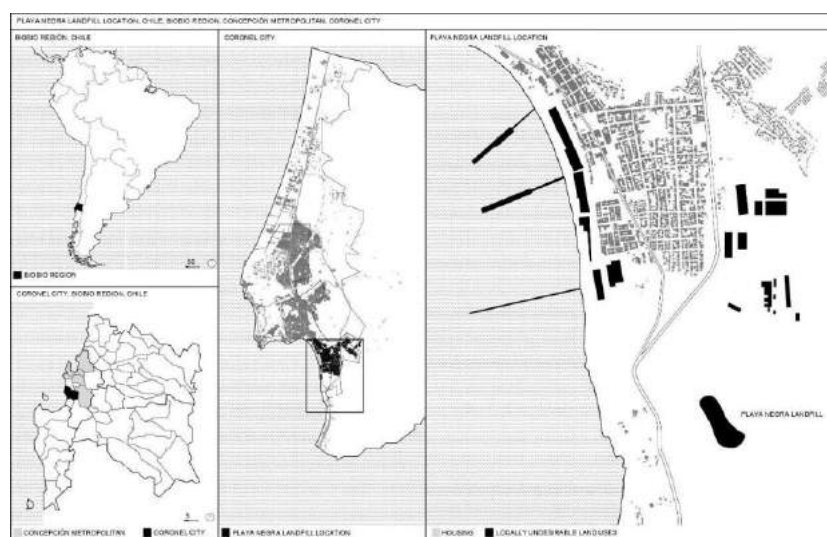


Figura 1. Ubicación ex vertedero Playa Negra. Fuente: Elaboración propia.

Frente a este escenario, durante los años 2010 a 2013 la empresa Stec Soluciones Tecnológicas Ltda. Implementó un proyecto de captura de Biogás (metano), reduciendo 36.000 ton/año de CO₂. Esta iniciativa se enmarcó dentro de la compra y venta de bonos de carbono, que favoreció a la empresa *EcoSecurities Ltd.* originaria de Estados Unidos (Stec Soluciones Tecnológicas Ltda, 2013).

Esta acción permitió mitigar las emisiones contaminantes a la atmósfera, resguardando la calidad del aire de la comuna. Sin embargo, esta estrategia no permite mitigar los impactos generados en la calidad del suelo y tampoco representa una alternativa que permita la reinserción urbana del predio, por lo que resulta necesario desarrollar una propuesta de regeneración urbana que aborde una mayor cantidad de impactos generados por la disposición final de residuos, mitigando las externalidades negativas y dando nuevo uso a los vestigios de esta actividad productiva.

4. HIPÓTESIS

La hipótesis plantea que es posible definir estrategias específicas de diseño urbano sostenible para una propuesta exitosa de regeneración urbana en terrenos contaminados como el ex vertedero Playa Negra en Coronel, a partir del análisis y selección de estrategias puntuales de parques urbanos construidos sobre antiguos vertederos, que permitieron mitigar y compensar los impactos generados por esta actividad de manera efectiva en los contextos en el cual se emplazan.

5. METODOLOGÍA

La metodología para esta propuesta surge de un análisis cualitativo a escala mundial de parques construidos sobre antiguos vertederos, lo cual permitió definir parámetros y estrategias exitosas que favorecen su regeneración urbana. Los parques analizados corresponden a experiencias internacionales desarrolladas en Estados Unidos, España, Irlanda, Alemania, Italia y China. Por otro lado se analizó la literatura nacional e internacional a fin de obtener un panorama del estado del arte en métodos de descontaminación de suelo contaminado y medidas de protección para asegurar un adecuado sellado de vertedero y con ello concluir en estrategias de diseño para parques urbanos construidos sobre suelos contaminados. Este análisis cualitativo y bibliográfico dio como resultado un modelo que recoge estrategias tanto urbanas como arquitectónicas específicas y definidas que responden de manera eficiente y sostenible frente a la regeneración urbana de suelos contaminados por residuos de origen urbano y domiciliario. Para este caso, se puntualiza en el caso de estudio correspondiente al terreno utilizado por el ex vertedero Playa Negra.

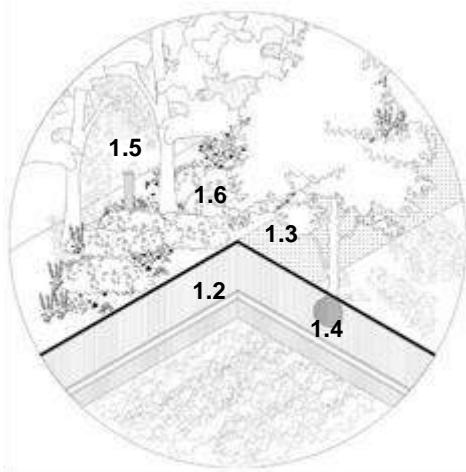
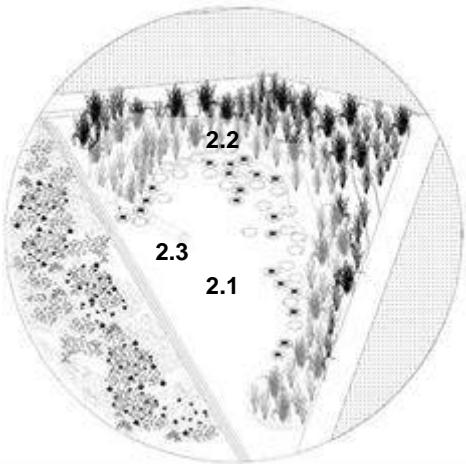
6. PROPUESTA DE REGENERACIÓN URBANA

Experiencias internacionales propuestas para mitigar los impactos ambientales y urbanos provocados por la disposición final de residuos, demuestran que en la mayoría de los casos estos terrenos son transformados en parques urbanos y en un menor porcentaje solo se sellan y se protegen a través de una capa vegetal superficial. Algunos casos relevantes de remediación urbana son; Mabel Davis Park en Texas EE.UU., Mount Trashmore en Virginia EE.UU, Parque Vall D'En Joan en Barcelona España, Mancuiping Park en Tianjin China, o Qiaoyuan Park en Tianjin China (Catrón, 2013). En Chile, existen dos casos de regeneración urbana de este tipo; el Parque André Jarlán en la comuna de Pedro Aguirre Cerda; y el Parque La Cañamera en la comuna de Puente Alto. Ambos ubicados en la Región Metropolitana. Si bien estas experiencias evidencian prácticas de regeneración urbana como medida de mitigación frente a los impactos generados por la disposición final de residuos, sus estrategias de diseño y construcción no siempre conducen al desarrollo de un espacio público sostenible y de calidad. Esto, entre otras cosas, debido a la ausencia de criterios de diseño urbano que permitan potenciar las cualidades positivas y mitigar las cualidades negativas de este tipo de terreno.

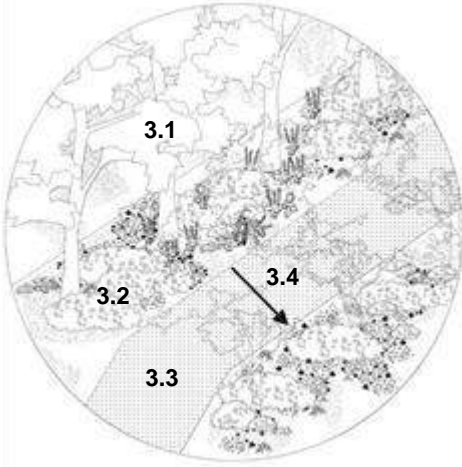
El modelo propuesto en el presente trabajo, está compuesto por siete criterios de intervención, presentados en la Tabla 1, y ellos se componen por veinticinco estrategias, tanto técnicas como proyectuales, de origen urbano-arquitectónicas que responden a las principales necesidades y problemáticas asociadas a la contaminación por acción de residuos urbanos domiciliarios, las cuales se exponen en la Tabla 2.

CRITERIO DE INTERVENCIÓN	OBJETIVO
1. Recuperación de suelo contaminado	Desarrollar acciones de descontaminación para recuperar y rehabilitar el suelo contaminado por la acción de residuos.
2. Control de escorrentía	Reducir las escorrentías superficiales para impedir la contaminación de cuerpos de agua y/o napas subterráneas.
3. Restauración del hábitat	Incorporar especies vegetales que permitan la regeneración de la biodiversidad, para restaurar el hábitat del predio.
4. Eficiencia energética de los sistemas	Desarrollar energías renovables no convencionales en base a gas de vertedero, para cubrir demanda energética de los sistemas e instalaciones.
5. Identidad y patrimonio	Rescatar características identitarias del predio, para desarrollar un diseño urbano con sentido de pertenencia.
6. Equipamiento e instalaciones	Diseñar equipamiento e instalaciones acorde a las condiciones de un suelo de mala calidad, para impedir asentamientos.
7. Recorridos y senderos	Diseñar recorridos y senderos para promover la movilidad peatonal y el uso de la bicicleta.

Tabla 1. Criterios de Intervención del modelo presentado y objetivos respectivos.
 Fuente: Elaboración Propia.

ESTRATEGIAS DE DISEÑO PARA EL DESARROLLO DE CADA CRITERIO	
<p>1. Recuperación de suelo contaminado</p> 	<p>Estrategias</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.1 Sellar el vertedero a través de una estrategia de aislamiento de residuos por medio de una capa de polietileno de alta resistencia. 1.2 Estratificar el sellado de vertedero, a través de la siguiente secuencia ascendente: arcilla 60 cm, gravilla 20 cm, geotextil poliéster 75 g/m², relleno compactado 1,5 m. 1.3 Proteger el sello contra infiltración de agua superficial, por medio de materiales pétreos y pendientes que redirijan los cursos de agua. 1.4 Proteger el sello contra el crecimiento de raíces para impedir su destrucción, por medio de una “arpillera anti raíces para árboles”. 1.5 Proteger la infiltración de gases de vertedero, por medio de la habilitación de chimeneas de ventilación correspondiente a un ducto de acero de \varnothing 200 mm y e= 3 mm o similar. 1.6 Habilitar vegetación regeneradora de suelo, del tipo gramínea y cubresuelos.
<p>2. Control de escorrentía</p> 	<p>Estrategias</p> <ol style="list-style-type: none"> 2.1 Habilitar una laguna o humedal de retención de aguas lluvias para acoger carga de escorrentía. 2.2 Incorporar un sistema de fitodepuración en base a vegetación fitodepuradora (juncos o plantas flotantes) para limpiar y filtrar agua contenida en laguna o humedal. 2.3 Implementar tuberías de recolección de agua, instaladas bajo tierra, para recoger agua infiltrada por pavimento poroso y redireccionar hacia laguna o humedal.

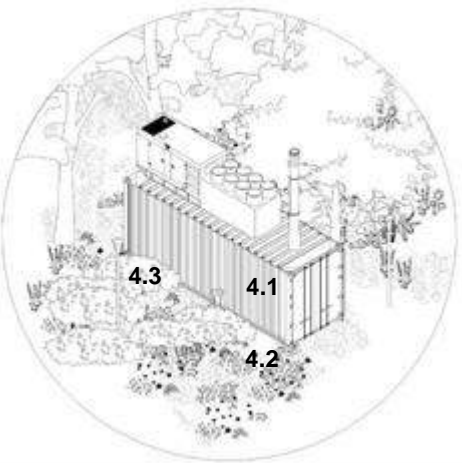
3. Restauración del hábitat



Estrategias

- 3.1 Incorporar una arborización de crecimiento rápido y altura moderada (5-8mts)
- 3.2 Incorporar vegetación de poco cuidado y riego (gramíneas y cubresuelos)
- 3.3 Pavimentos permeables con adecuados sistemas de recolección de aguas, como gravilla, maicillo o similar.
- 3.4 Permitir el desarrollo de corredores biológicos que rodeen los senderos peatonales.

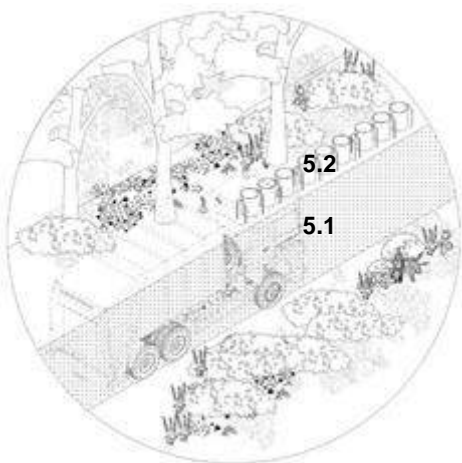
4. Eficiencia energética de los sistemas



Estrategias

- 4.1 Habilitar sistemas de microgeneración de energía renovable a través de la transformación de gas de vertedero en energía eléctrica.
- 4.2 Proteger o camuflar los sistemas de microgeneración, a través de arborización o método similar, para impedir el contacto con usuarios del parque.
- 4.3 Cubrir la demanda energética de los equipamiento e instalaciones al interior del parque

5. Identidad y patrimonio



Estrategias

- 5.1 Respetar trazados y vestigios de la actividad productiva que se desarrolló en el lugar, por ejemplo, respetar las huellas dejadas por los camiones que transportaban los residuos.
- 5.2 Habilitar medidas para la separación y recuperación de los residuos generados durante la ejecución y el funcionamiento del parque, visibilizando el antiguo uso del sitio.

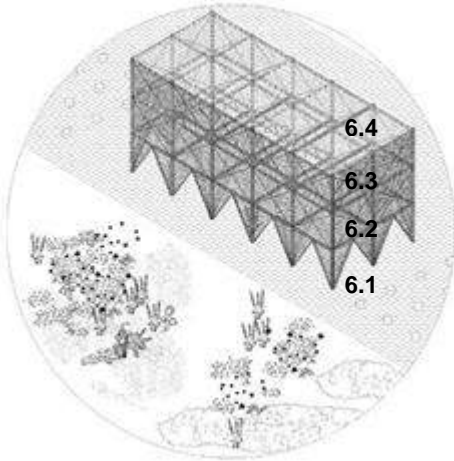
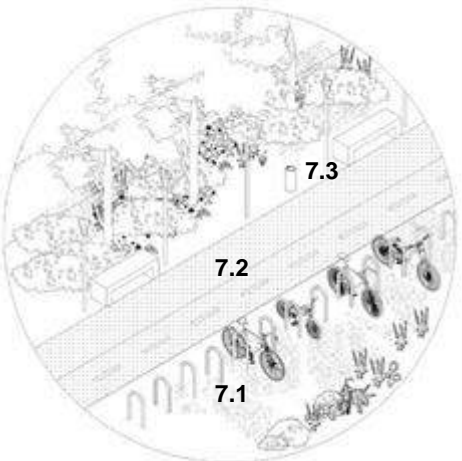
6. Equipamiento e instalaciones	Estrategias
	<ul style="list-style-type: none"> 6.1 Habilitar equipamientos en base a estructuras livianas para reducir riesgo de asentamientos debido a la mala calidad del suelo. 6.2 Utilizar materiales recuperados o reciclados para la construcción de estas estructuras. 6.3 Dotar de <i>imput</i> programático al parque, para favorecer su uso, y el recorrido a través de él. 6.4 Incorporar diseños versátiles en las estructuras, de manera que puedan responder de manera positiva frente a las inclemencias climáticas
7. Recorridos y senderos	Estrategias
	<ul style="list-style-type: none"> 7.1 Habilitar medidas para promover el uso de la bicicleta, como bicicleteros y ciclovías al interior del parque. 7.2 Habilitar recorridos peatonales, por medio de pavimentos adecuados y bien mantenidos, así como también bancas y espacios de descanso. 7.3 Asegurar la confortabilidad y seguridad de los espacios de uso común, a través de la dotación de sombra por medio de una adecuada arborización, así como también un control visual de los espacios.

Tabla 2. Estrategias de regeneración urbana, acorde a cada criterio propuesto.
 Fuente: Elaboración Propia.

7. CONCLUSIONES

A partir del estudio bibliográfico y análisis de los parques urbanos construidos en antiguos vertederos en Estados Unidos, España, Irlanda, Alemania, Italia y China, es posible concluir que la hipótesis propuesta se comprueba. Esto debido a la identificación y definición de criterios de intervención específicos, compuestos por estrategias de diseño urbano y arquitectónico aplicables a procesos de diseño transversales a parques urbanos construidos sobre antiguos vertederos.

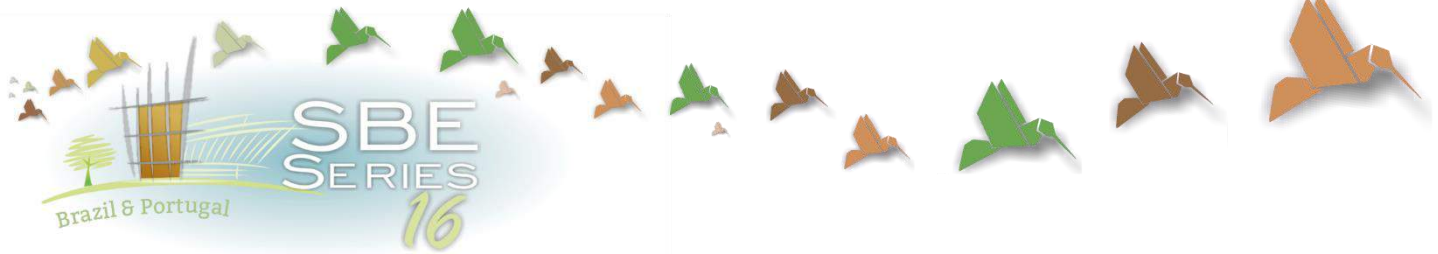
Estas estrategias se aplicaron a la escala del caso del vertedero de Playa Negra en Coronel. Tras este ejercicio, se marcan dos directrices claras durante el proceso de aplicación de estos criterios. Por un lado en aspectos de diseño las estrategias se definen o evidencian en la sección transversal del diseño de los parques, otorgando luces sobre la necesidad de un

desarrollo acucioso, tanto en corte o sección como en elevación, además de su evidente definición en planta, ya sea en zonificaciones o paisajismo, evidenciando la necesidad de una óptica tridimensional durante el proceso de diseño del parque, donde la aplicación de estas estrategias es la base para la generación de espacios definidos, ya sean espacios contenidos o expuestos. Por otro lado, si las estrategias presentadas fuesen implementadas en un proyecto de regeneración urbana como el caso de Playa Negra en Coronel, los siguientes impactos serían mitigados; la afectación de la calidad del agua, tanto superficial y subterránea, a través del control de la escorrentía; la alteración de la cantidad de biomasa, de la vegetación y la fauna tipo, a través de la cobertura vegetal y la habilitación de árboles y arbustos; la alteración de las propiedades químicas, físicas y de fertilidad del suelo, a través del correcto sellado y descontaminación del suelo; y la emisión de gases de efecto invernadero, como el metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂), a través de la captación y el uso del gas de vertedero

Por último, en Chile, la aplicación de estas acciones resultan relevantes, debido a la evidencia de conflictos ambientales asociados a la disposición final de los residuos, por lo que la rehabilitación de estos espacios son indispensables como herramientas de mitigación y compensación de los impactos que estos equipamientos causan sobre el medio en el cual se emplazan, por lo que resulta fundamental una correcta ejecución para obtener resultados exitosos. En el país se han construido parques sobre vertederos, tales como el parque André Jarlán y La Cañamera, sin embargo, no fueron diseñados teniendo en cuenta estrategias de diseño urbano sostenible como las presentadas, por lo cual se puede inferir que podrían tener como consecuencia una mejora sustancial en su funcionamiento.

REFERENCIAS

- Azócar R. 2014. Desarrollo Urbano y Equidad Espacial. Localización y conflicto en la generación energética termoeléctrica en Chile, el caso de Bocamina II. Buenos Aires, Argentina.
- Catrón, C. 2013. Diseño Urbano en la Gestión y Reinserción de Ex- Rellenos Sanitarios. Chile.
- Friedman, J. 1988. Life Space and Economic Space, Essays in Third World Planning. UU.EE.
- Horah, Jan y Scott, Heather. 1993. NIMBYs and LULUs. UU.EE.
- Sabatini, F. 1997. Conflictos ambientales y desarrollo sostenible de las regiones urbanas. El Salvador.
- SINIA. 2007. Review of argument for declaring Gran Concepción close to saturated in PM10. Chile.
- Stec Technology Solutions Ltd. 2013. Carbon Credits Landfill Coronel. Coronel: Chile
- Vasquez A., Salgado M., 2009. Desigualdades socioeconómicas y distribución inequitativa de los riesgos ambientales en las comunas de Peñalolen y San Pedro de la Paz. Chile
- Winchester, L. 2008. La dimensión económica de la pobreza y precariedad urbana en las ciudades Latinoamericanas. Implicaciones para las políticas del hábitat. Chile
- Winchester, Lucy 2008. Desafíos para el desarrollo sostenible de las ciudades en América Latina y el Caribe. Revista Eure Vol. XXXII, N°96, pp. 7-25. Chile.



Project guidelines for construction of biodigesters in poor communities in Brasil

Lizelda Maria de Mendonça Souto

University of Pernambuco, Department of Civil Engineering, Recife (PE), Brazil
lmms_pec@poli.br

Viviany Nogueira

University of Pernambuco, Department of Civil Engineering, Recife (PE), Brazil
vivianynogueira@gmail.com

Emilia Kohlman-Rabbani

University of Pernambuco, Department of Civil Engineering, Recife (PE), Brazil
emilia.rabbani@upe.br

Ana Rita Drummond

University of Pernambuco, Department of Biofuels and Energy, Recife (PE), Brazil
annaritadrummond@gmail.com

Sergio Peres

University of Pernambuco, Department of Biofuels and Energy, Recife (PE), Brazil
sergperes@gmail.com

ABSTRACT: In today's materialistic society, there is a constant pressure to consume goods and services without taking into account that this unbridled acquisition will lead to an increase in the generation of solid waste that, in most cases, will not be properly disposed of, culminating in the proliferation of vectors and causing incalculable damage to the environment, to public health, to the population, and to the urban order. This study presents projectual guidelines for sustainability of low income communities in urban areas through the installation of biodigesters as an alternative for the proper disposal of their organic solid waste and sewage in order to improve sanitation and enable the generation of biogas and power for such communities. The guidelines were elaborated based on interviews with community leaders, the socioeconomic profile of community residents, the amount of waste generated, sewage drainage problems, availability of open areas adequate for the installation of biodigesters, the post-installation maintenance manual, as well as an analysis of the Brazilian laws and regulations that standardize the construction aspects. The proposed guidelines are intended to assist managers in decision making with regard to sanitation and generation of biogas from waste, which is currently a problem for local development.

Keywords Sanitation, Biodigesters, Slums, Low income communities, Sustainability in urban areas.

1. INTRODUCTION

In large Brazilian cities, innumerable informal dwellings, also known as needy communities, lack basic sanitation, safety, transportation, decent housing, and the means to enable the development of infrastructure that could improve the quality of life for the population. According to Fantinatti et al. (2015), informal dwellings arise spontaneously, as in the cases of invasions or irregular settlement in difficult-to-access areas that are established because of proximity to work or availability of open land. Faced with this problem, the need to apply engineering knowledge in support of low-income communities with projects that bring sanitation, leisure, education, sustainable housing, and generation of energy to the population becomes evident.

In Brazil, basic sanitation is defined by Law 11.445/2007 as the set of services, infrastructure, and operational installations for drinking water supply, sewage, street cleaning, solid waste management, floodwater management, and urban drainage. According to etymology, sanitation is the act or effect of sanitizing, disinfecting, deodorizing; it refers to the application of measures to improve hygienic conditions of a place or region, especially drainage, making it suitable for habitation and bringing improvements to health. (Weiszflog, 2016).

Therefore, sanitation implies a determining factor and condition for public health, and must be regarded as of interest to social policy for the protection of the population. According to Embrapa (2010), 75% of hospital admissions in Brazil are associated with the lack of basic sanitation, often related to informal housing combined with the absence of three basic services: running water in at least one room, sewage network or septic tank, and trash collection. (Observatório das Metr opolis, 2010)

Faced with these sanitation problems, the objective of this article is to bring alternatives through project guidelines and a proposed layout for biodigesters, considering economic viability and ease of installation and maintenance, that can be used to channel sewage and solid waste in needy communities, improving the local basic sanitation and public health, as well as contributing to the improvement of sewage spilled into bodies of water.

1.1 The city of Recife and basic sanitation

In middle- and upper-class neighborhoods of large Brazilian cities, it is not common for the populace to stop and think about how many times they turn on faucets or the shower, or flush the toilet. It is not a habit to analyze the consumption of water by families, the neighborhood, the city, or the state where one lives, much less to think about the collection, treatment, and maintenance of its sewer systems. (Revista Proteção, 2012).

According to the Municipal Sanitation Department of Recife (SANEAR), in the most recent census conducted by the Brazilian Institute of Geography and Statistics, the city of Recife had a population of approximately 1.5 million. Due to problems of extreme income inequality, territorial settlement occurred through a series of invasions, occurring especially in hazardous areas such as steep hillsides, floodplains, riverbanks, and along canals. These areas are often surrounded by and constrained between central and upper-class neighborhoods of the city, and are known as "pockets of poverty." "This disorderly occupation adds up to a total of more than 500 *favelas* deprived of even the minimum of

urban infrastructure, demanding urgent action from the government.” (Prefeitura da Cidade do Recife, 2016a)

The municipality of Recife covers 220 km² of area and is divided into six (6) Politico-Administrative Regions (RPA's) for the purposes of forming, executing, and evaluating the policies and plans of the government. Each RPA is subdivided into three (3) micro-regions, which define local-level municipal interventions and coordination with the populace. These micro-regions are subdivided into neighborhoods, and within them can be found the Special Zones of Social Interest (ZEIS), which are “portions of territory to be given priority in urban recovery, land regularization, and social housing projects, including the recuperation of degraded properties, the provision of social and cultural amenities, public spaces, services, and locally-based businesses.” (Fonseca et al., 2014, p.1).

The ZEIS were integrated in the City Master Plan in 2008. Today, Recife has 66 ZEIS distributed throughout 94 neighborhoods. Such neighborhoods show symptoms of urban land use exhaustion. Many of these neighborhoods are located in riparian areas, near drainage canals, or in sensitive hillside areas highly restrained from expanding and installing urban infrastructure, resulting in a wide range of structural and socio-environmental problems for their low-income residents, who have no other housing options. (Secretaria da Cidade do Recife, 1997).

According to the National Basic Sanitation Plan (PLANSAB) 2013, the release of primary sewage (human waste – feces and urine) and secondary sewage (other residential wastewater) cannot be performed in places such as rudimentary pits (wells, excavation holes), open ditches, drainage systems, storm sewers, rivers, lakes, or the sea without proper treatment according to the parameters established by CONAMA Resolution 430 of 2011. However, the Brazilian reality is that 35% of the population (reaching over 60% in Recife) relies on inadequate solutions for their sewage removal. Only 20 million habitants in Brazil have sewage disposal systems or septic tanks that are considered suitable for the disposal of wastes. (Ministério das Cidades & Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2014; Ministério das Cidades, 2014).

1.2 Use of biodigester systems in rural and urban areas

According to the United Nations Development Programme (PNUD) and the Ministry of the Environment (MMA) (2010), a biodigester is a closed chamber that provides appropriate conditions for the fermentation of organic material carried out by methanogenic bacteria. This decomposition process generates biogas, which is formed from the following gases in these proportions: methane 50-70%, carbon dioxide 25-40%, hydrogen 1-3%, hydrogen sulfide 0.1-0.5%, and other trace gases. The process of decomposition also produces biofertilizers, which are effluents more suitable for being returned to bodies of water, and which can be utilized in community gardens, community centers, and resident associations.

“The first biodigester dates to the year 1857 in Bombay, India and was built to produce fuel for a leprosy hospital” (Nogueira apud Balmant, 2009, p. 11). However, there are reports that biodigesters may have been used for over 5000 years in countries such as India and China. In Ghana, West Africa, interest in biogas began in the 1960s, but it was only in the 1980s that this technology received greater attention from the government and

universities, due to environmental problems. The use of biodigesters was strengthened by the National Strategic Energy Plan, created to encourage the production of biogas in the country, principally in kitchens of establishments, laboratories, hospitals, boarding schools, barracks, among other institutions. (Richard et al., 2011).

In the study by Richard et al. (2011), the reutilization of wastewater generated by students and workers at four universities in Ghana to generate biofertilizers and biogas was analyzed. The total daily production of biogas at the four universities was 1,378.5 m³ and 291.3 m³ during the school year and on holiday, respectively. This biogas could help reduce the amount of Liquefied Petroleum Gas (LPG) required by the university restaurants or to reduce electricity costs. According to Santana et al. (2012), 1 m³ can generate 1.43 kWh of electricity and is the equivalent of 0.45 kg of LPG. According to Peres (2010), 1 m³ of biogas with 60% methane has a calorific value of 19.52 MJ.m⁻³. The advantages of treating waste in a biodigester are a reduction in the amount of waste, the generation of a renewable energy source (biogas), and the production of effluent with little odor and rich in nutrients that can be used in agriculture. According to Olugasa et al. (2014), a study conducted in Nigeria revealed that biogas can be an alternative to conventional energy sources with the added benefit to the environment of removing pollutant substances from nature and transforming them into renewable energy.

The study made by Turdera and Yura (2015) in the city of Dourados in Mato Grosso do Sul, Brazil, simulated the home use of biogas, where 8.93m³ of biogas per day was able to provide for the cooking of meals, illumination of four light bulbs for three hours, refrigerate food, and provide a hot bath for a family of five people.

Despite being a reality for many years in other countries of the world, the use of biodigesters remains in its infancy in Brazilian urban areas. However, a few examples of research and development can be seen at Brazilian universities (Pimentel et al., 2015). In urban areas, specifically ZEIS where there is disorderly settlement and high population density, large-scale projects are not applicable due to the absence of free space within the communities, necessitating a new compact design that is simple to install, operate, and maintain.

2. METHODOLOGY

Initially, a literature review was conducted on the political-administrative distribution, neighborhoods, and ZEIS, as well as the sanitation infrastructure of the city of Recife. Subsequently, a descriptive Field study was conducted through photographic registry and informal interviews with community leaders in the ZEIS of Borborema, Vila Arraes, and Carangueijo Tabaires with the goal of identifying, mapping, and observing the flow of sewage and the disposal of Municipal Solid Waste (MSW), discovering the locations of open areas for installation of biodigesters, tracing the socio-economic profile of residents, and estimating the electrical current necessary to supply homes, residents associations, or community centers open to all local residents.

Using the ESIG program, Geographic Information of Recife (Prefeitura da Cidade do Recife, 2016b), it was possible to visualize the proximity of the communities visited to bodies of water, and to map rivers, drainage canals, lakes, basins, and the sea, as well as to store

information necessary for a potential study of environmental impacts caused by improper sewage disposal.

Project guidelines were proposed to channel sewer water to a “homemade” biodigester based on laws and technical standards, international and national case studies in urban and rural areas, technical manuals from biodigester manufacturers, a survey of the average wastewater volume produced per family, and the Pernambuco Solid Waste State Plan (PERS-PE), generating as output biofertilizers, water, and biogas that can be utilized within the local community. The proposed guidelines also take into account the use of low-cost construction materials and the ease of installation and operation by the local community residents.

3. EXPLORATORY STUDY IN A ZEIS OF RECIFE

The exploratory field visits were conducted in 2015 and 2016 at three ZEIS communities in the Recife Metro Area: Borborema, Vila Arraes, and Carangueijo Tabaires. The visits were performed to collect data for a pilot project biodigester proposal and note the existing possibilities for the implantation of biodigesters in needy communities. In the ZEIS of Borborema, a potential area for the biodigester installation was identified, capable of attending the needs of a few homes and whose biogas could be channeled to community centers.

CAD Software (Industrial design) was used, with boundaries provided by ESIG (Geographic Information of Recife), to map the ZEIS and visualize their proximity to bodies of water. With use of CAD tools, ESIG, and photographic records, it was possible to identify the irregular and inadequate disposal of waste and sewage in the community of Carangueijo Tabaires, Figure 1, and its interconnection with the Capibaribe River, with the ABC drainage canal, and with the Nature Conservation Unit (NCU) Zeca Island.

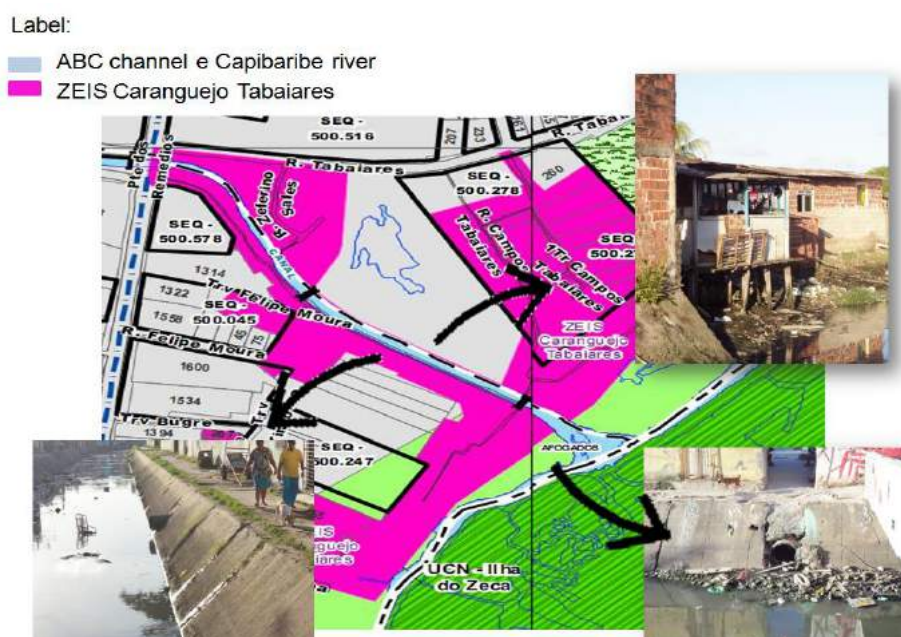


Figure 1. Location of inadequate waste and sewage treatment in the visited ZEIS. Source: Created by the author based on ESIG and photographic records.

According to the informal interviews with local residents during the exploratory visits, respiratory illnesses, meningitis, leptospirosis, hemorrhagic dengue, chikungunya, zika, and scorpion bites have been reported and have been the cause of death for many children in the poorest communities due to the unsanitary conditions to which they are subjected.

4. DEFINITION OF GUIDELINS FOR THE PREPARTION OF PROJECTS AND LAYOUT PROPOSAL FOR URBAN BIODIGESTERS

The guidelines were divided into three sub-items: (1) basic elements, (2) choice of location and minimum distances from areas of influence, and (3) specific elements to establish criteria for the development of biodigester projects in needy communities. Based on current legislation, technical standards, guidelines from manufacturers' manuals, as well as on data obtained from the exploratory visits to needy areas of Recife, the criteria are detailed on the following flowchart:

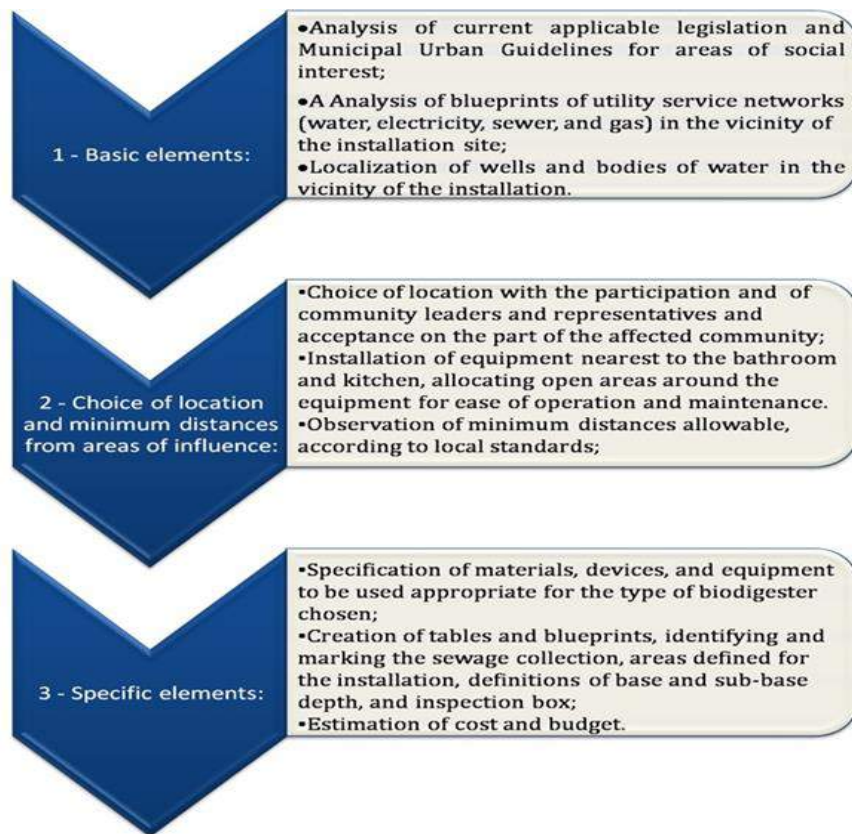


Figure 2. Guidelines for Project Preparation. Source: Created by the author based on Fortlev, 2016; Fantinatti et al., 2015; Creder, 2006.

Table 1 shows the local legislation, resolutions, and technical standards relevant to the creation of a proposed biodigester layout for needy areas in the city of Recife. Some of the topics considered in the references, while relevant, did not generate guidelines because they are practices and values already deeply ingrained in the culture of the technical manuals of the researched biodigesters.

Table 1. Legislation used to prepare the Recife biodigester project

Legislation	Guidelines
Technical Manual no. 001 – CPRH Dimensioning for septic tanks and complementary basic units	Construction in open terrain, with minimum distances: 1.0 m from foundations, sub-soil garage walls, and underground deposits; 1.0 m from constructions, land boundaries, sinks, swales, and local water lines. <hr/> Minimum distances: 5.0 m from buried water reservoirs and swimming pools. 3.0 m from trees and any points of public water supply. 15 m from groundwater wells.
Law n. 16.113/1995 - Analysis of lots in a ZEIS - Art. 9, 10, and 11	Maximum lot size of 250m ² , able to be broken down into a minimum area of 40m ² and minimum lot of 18m ² .
CONAMA Resolution no. 430/2011 Art. 21 - Effluent discharge Art. 23 - Ecotoxicity Test Art. 25 - Sample Collection Art. 26 - Laboratory Tests	Art. 21 - Conditions for discharge of effluents, considering parameters established for pH, BOD, COD, temperature, and absence of floating materials. Art. 23 - Ecotoxicity test for effluent from sewage treatment systems. Art. 25 - The sample collection and analysis of waste water according to specific rules. Art. 26 - The laboratory tests must be performed by laboratories accredited.
CONAMA Resolution no.375/2006	The biological sludge can be neutralized and used in agriculture as a source of organic material and nutrients for plants.
NBR 7229/1993	Dimensioning of the tank used in conjunction with the biodigesters and the sand filter for complementary treatment of liquid effluent are based on the formulas for prismatic single-chamber septic pits and sewage systems for buildings.

Based on the legislation applicable to biodigesters and the exploratory analysis in the field, the Total Waste (RT) value was calculated in accordance with Equation (1), considering the value of Organic Waste (RO) produced per person/day added to the waste water (NA) generated per person/day.

The RO value (0.9924 kg/person/day) was calculated from the Pernambuco Solid Waste State Plan (SMAS & ITEP, 2012), which considers a percentage of 63% of gravimetric composition for organic waste produced daily from the total daily amount of waste produced per resident of the city Recife, estimated as 1.58 kg/person/day. For toilet waste water (AN), the value of 0.1 kg feces+urine/person/day was considered, according to NBR 7229/1993. The total waste feeding into the biodigester daily can be calculated by the expression below:

$$RT = \text{Pop.} * [(RO \text{ (kg/person/day)} + AN \text{ (kg/person/day)})] \quad (1)$$

The dimensions of the system were calculated according to NBR 7229/1997, providing a diameter for cylindrical tanks of 2.20 m, minimum internal width of 1.85m, length/width ratio (min. 2:1, max. 4:1) and using equation (2) below, the usable volume (V) in liters for the biodigester can be calculated, corresponding to the sum of the volumes destined to digestion, decantation, and storage of the spume);

$$V = 1000 + N(C \times T + K \times Lf) \quad (2)$$

where V= usable volume, in liters; N = number of people or contribution units (cannot be less than 5 people); C= sewage contribution, in liters/person. T = Detention time, in days;

K= rate of sludge accumulation digested in days equivalent to the accumulation time of fresh sludge; Lf= fresh sludge contribution, in liters/person x days, or in liters/unit x days.

Because the biodigester will be connected to the toilet, inputs to the biodigester beyond the RT of 5,462 kg/Day calculated by Equation (1) must be considered: the amount of water released by the flushing action of the toilet (6 liters per flush) multiplied by the quantity of flushes (A), considering an average of 5 to 8 flushes per resident per day, and by the number of residents, shown in Equation (3). From the analysis, a complementary treatment of the liquid effluent through the use of a buried sand filter (ABNT, 1993) is indicated, as shown in Figure 3 (f).

$$QA = 6 * [(No.res * A)] \quad (3)$$

To create the Urban Biodigester prototype (Figure 3), materials available in the market were considered and a family made up of five (5) residents was contemplated. The prototype will use a 5000 L fiberglass box (to fit the estimated waste according to Equation 2); 3.40 m² of PVC canvas, shown in Figure 3 and indicated by the letter (a); 100 mm PVC pipes shown by the letter (b) to transmit waste water (AN), for the output of biofertilizer (c), and for receiving organic wastes (d). To operate the biodigester, a slope of 5% should be used for the waste water pipes. For the biogas output, the installation of a 4" Spin pipe connection is suggested, as well as a gas filter (g) and a meter to measure the biogas output (h).

A commercially available inspection/interconnection box must be installed and adapted with an interior grid having a minimum diameter of 30 cm (Tigre, 2016), illustrated by the letter (f) in Figure 3, before the input pipes to the biodigester in order to hold accidental discards of non-biodegradable material in the toilet, such as wipes and plastic packaging that can clog the system (Fortlev, 2016).

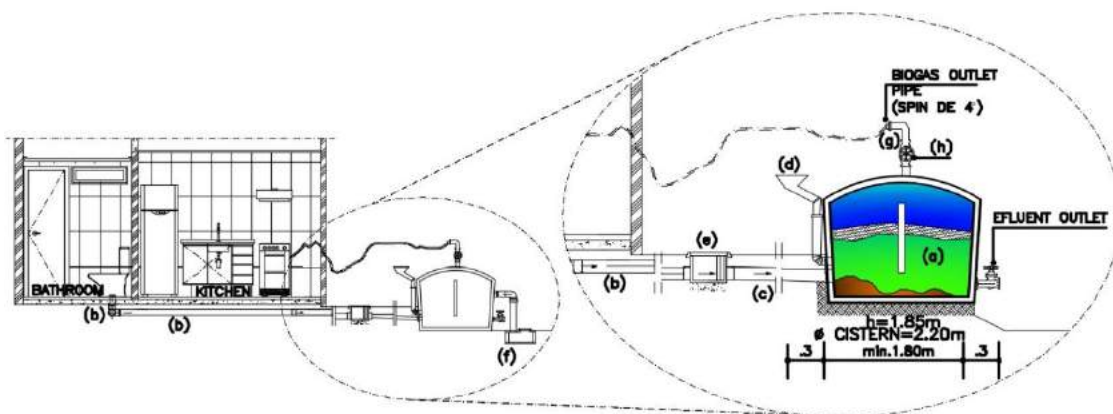


Figure 3. Proposal for prototype urban biodigester to be utilized in needy areas of Recife.

For the digester operation phase, operational guidelines should be structured and presented by various means of communication, helping to educate the target population on proper use of the system. They should also consider the protection of users during the manipulation of organic wastes (grass, feces from pets, chickens, pigs, biomass in general) e during the maintenance of the inspection/interconnection box. As biogas is subject to high pressure can be extremely inflammable, because of its proximity to residences, it is

also necessary to prepare an evacuation plan for the area and contingency measures in situations of hazard and emergency. Also, CONAMA Resolutions no. 375/2006 and no.430/2011 should be used in order to neutralize the sludge and evaluate the effluent generated.

This system is expected to generate ½ bottle of LPG/month and 20 L of biofertilizer/month, considering that the first withdrawal during the production period should occur after approximately 30 days have passed.

5. CONCLUSIONS

Large Brazilian cities, just like cities in other developing countries, have suffered because of the close link between lack of efficient public policies, unequal income distribution, disorderly settlement, and environmental degradation, which threaten the preservation of remaining natural areas located in protected areas and compromise the quality of life of the general population, and especially that of excluded communities.

The guidelines proposed here should be analyzed as a set of ideas that will need to constantly evolve, in order to overcome problems such as the sanitation crisis that humanity lives in. The projects must be integrated and multidisciplinary in order to develop biodigester profiles that are suitable for the urban environment where they will be located. The most appropriate solution is that with lowest cost that meets the criteria for safety and efficiency in sewage treatment, taken into account local limitations, the so-called “social technologies” (low cost products, techniques, and equipment that can be replicated at any location throughout the country).

The implantation of urban biodigesters is consistent with Law 11.445/2007, contributing to the management of sewage and solid wastes, by using them as fuel for the biodigester itself. It is believed that, once implemented and properly maintained, biodigesters can help improve the quality of water in cities, avoiding contamination of water bodies, ameliorating the effects of flooding, and reducing the proliferation of the viruses responsible for zika, chikungunya, and dengue, as well as generate biogas from solid wastes, which is currently a problem for city managers responsible for basic local sanitation.

REFERENCES

- Balmant W. 2009. *Concepção, construção e operação de um Biodigestor e modelagem matemática da biodigestão anaeróbica*. Dissertação de Pós-graduação em Engenharia e Ciência dos Materiais – PIPE da Universidade Federal do Paraná.
- Brasil. 1993. *Associação Brasileira de Normas Técnicas. Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos*: NBR 7229/93. Rio de Janeiro, September 1993.
- Brasil. 2007. Lei 11. 445 de 5 de Janeiro de 2007. *Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico*. Available at: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm. Accessed on: 14 May 2016.
- Creder, H. 2006. *Instalações hidráulicas e sanitárias. 6 ed.* Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora.
- Fantinatti et al. 2015. *Indicadores de sustentabilidade em engenharia: como desenvolver*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.
- Fonseca et al. 2014. Zonas Especiais de Interesse Social e Meio Ambiente: O caso de Brasília Teimosa. In: *V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Belo Horizonte, 24-27 novembro 2014*.

- Available at: <http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2014/XI-049-1.pdf>. Accessed on: 14 May 2016.
- Ministério das Cidades. 2014. *Diagnóstico AE-2014*. Available at: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2014>. Accessed on: 16 April 2016.
- Ministério das Cidades & Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. 2014. *Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB*. Brasília. Available at: <http://www.saneamentobasico.com.br/portal/index.php/plansab>. Accessed on: 14 May 2016.
- Observatório das Metrópolis. 2009. *Vulnerabilidade Socioambiental das Regiões Metropolitanas Brasileiras*. Available at: http://www.observatoriodasmetrolopes.net/images/abook_file/_relatorio004_2009.pdf. Accessed on: 20 March 2016.
- Olugasa, T. T et al. 2014. Energy production from biogas: A conceptual review for use in Nigeria. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, (32):770-776.
- Peres, S. 2010. Biodigestores e Biogás: Soluções Energéticas. In: *I Seminário de Tecnologias de Produção de Biogás*, Recife. Anais do I Seminário de tecnologias de produção de Biogás, V. Unico.
- Pimentel, T. J. et. al. 2015. Geração de Energia e Biogás usando Biodigestores: uma opção ambientalmente correta para Região Metropolitana do Recife. In: *XXII Simpósio de Engenharia de Produção - Política Nacional de Inovação e Engenharia de Produção*. Bauru, SP, Brasil.
- Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD & Ministério do Meio Ambiente. 2010. *Resumo Executivo: Estudo sobre o Potencial de Geração de Energia a partir de Resíduos de Saneamento*. São Paulo: Arcadis Tetraplan.
- Prefeitura da Cidade do Recife- SANEAR. 2016. *Situação do Saneamento na Cidade do Recife*. Available at: http://www.recife.pe.gov.br/2008/06/16/mat_162708.php. Accessed on: 20 April 2016a.
- Prefeitura da Cidade do Recife. 2016. *ESIG*. Available at: <http://www2.recife.pe.gov.br/servico/informacoes-geograficas-do-recife-esig>. Accessed on: 17 May 2016b.
- Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade- SMAS & Instituto de Tecnologia de Pernambuco – ITEP. 2012. *Plano Estadual de Resíduos Sólidos de Pernambuco – PERS-PE*. Jul. 2012:306. Available at: www.cprh.pe.gov.br. Accessed on: 18 February 2016.
- Revista Proteção. 2012. Trabalho em esgoto requer medidas de higiene e prevenção. *Revista Proteção* Available at: http://www.protecao.com.br/noticias/leia_na_edicao_do_mes/trabalho_em_esgoto_requer_medidas_de_higiene_e_prevencao/A5yJAQji/4177. Accessed on: 25 March 2016.
- Richard et al. 2011. Biogas generation from sewage in four public universities in Ghana: A solution to potential health risk. *Biomass and Bioenergy*, (35), 2011.
- Santana L. E., Cintra, L. M. F., Peres S. & Pedrosa F. A. 2012. Biodigestão como solução para a destinação dos resíduos do setor Pecuarista. *Revista da Ciência da Administração*, v.6, ago. Dez. 2012.
- Turdera M. V. & Yura D. 2006. Estudo da Viabilidade de um Biodigestor no Município de Dourados. *Enc. Energ. Meio Rural*. An. 6, 2006.
- Weiszflog W. 2016. *Moderno Dicionário da Língua Portuguesa Online*. Available at: <http://michaelis.uol.com.br/moderno/portugues/index.php?lingua=portuguesportugues&palavra=saneamento>. Accessed on: 10 May 2016.



“GREEN PORTS” and the port of santos

Bianca Lima Pereira

University Santa Cecília - Center of Port, Maritime and Territorial Studies, Santos (SP), Brasil
bia-lp@hotmail.com

Eneas Santos da Silva

University Santa Cecília - Center of Port, Maritime and Territorial Studies, Santos (SP), Brasil
ene_sant@yahoo.com.br

Tuani de Godoy Ferreira

University Santa Cecília - Center of Port, Maritime and Territorial Studies, Santos (SP), Brasil
tuani_godoy31@hotmail.com

Adilson Luiz Gonçalves

University Santa Cecília - Center of Port, Maritime and Territorial Studies, Santos (SP), Brasil
adilson@unisanta.br

ABSTRACT: This article aims to analyze environmental aspects of the Port of Santos, the largest in Brazil, based on the concepts of the "Green Ports" police, the indexes defined in the "AQUA-Port" certification, developed by the Vanzolini Foundation in partnership with the Innovation Center for Logistics and Port Infrastructure (CILIP), from the University of São Paulo, USP; and the Environmental Development Index - IDA, created by the National Agency of Waterway Transportation - ANTAQ. For this it was made a literature review, which also included studies made by the Port Authority of Santos - CODESP; international benchmarking considering best practices in international ports in relation to environmental management. The research was supplemented by interviews with the managers of the environmental sector of the Port of Santos. From the study it was possible to identify current deficiencies in the environmental management of the Port of Santos, ongoing initiatives and alternatives to the adequacy of this port complex aiming sustainable development, following international tendencies. This research was made as a partial requirement for obtaining the title of Civil Engineering at the Faculty of Science and Technology from the University Santa Cecília, Santos, São Paulo, Brazil.

Keywords *Green Port, Sustainability, Port of Santos.*

1. INTRODUCTION

Environmental issues have been discussed for a long time, and the environmental crisis, which was already evident in the 1960s, has worsened over the following decades, due to a series of disasters and environmental imbalances, going to be a major concern countries and the international scientific community, leading them to new research and studies in order to address the issue in world level. Thus, it is understood that environment is the mainstay of life.

This concept must be present in a variety of practices, including in port activities, classified as highly polluting and should be accompanied by activities that seek preventive initiatives to combat emissions of harmful gases generated and other potential environmental degradations. In Brazil, these aspects are provided for in the licensing process provided for in the Constitution and in the 6.938 Act of August 31, 1981.

In this context, the criteria established in the guidelines of the "Green Port" initiative will meet the world yearning, as regards the sustainable development of clean processes, not harmful to the ecosystem.

In practice, environmental management includes routines and administrative operations, as well as clearly defined programs aimed at environmental protection, health, safety of workers and users, and the community in general. According to Porto & Teixeira (2002) "[...] There is much to be done to incorporate environmental vision in day-to-day port.", Leading to understand that, even considering the importance and scope of the initiatives in question, and the realization of such concepts as a competitive differentiator in the various economic sectors, it is necessary to advance in the field of environmental management, in relation to the Brazilian port system.

2. RECENT LEGISLATION CONCERNING BRAZILIAN PORTS

Timeline:

- 1934 - Decree No. 24643 created the Brazilian "Water Code";
- 1961 - Decree-Law No. 50877 was about the disposal of toxic or oily waste in inland or coastal Brazilian waters. Through this decree remains strictly forbidden disposal of ship engines cleaning effluent, as well as the disposal of waste from naval activity in water bodies;
- 1967 - Law No. 5197 and Decree-Law No. 221 established the wildlife and fishing protection codes, respectively, that were considered landmarks of the Brazilian environmental legislation (Torres 2000);
- 1967 - Law No. 5357, known as the "Law of Oil", established stricter penalties for vessels or maritime terminals or ports that discharge contaminants agents such as oils or debris in Brazilian waters;
- 1993 - Law No. 8.630, known as the Brazilian Ports Law, assured to the entity concerned the right to build, renovate, expand, improve, lease and operate port installations, provided that in specific cases the celebration of contract and authorization were preceded by consultation with the customs authority and the municipal authority and approval of the Impact Report on the Environment (RIMA). Under the same law was instituted, in each organized port or within each award, a Port Authority Council, without prejudice to other duties incumbent ensure compliance with the standards of protection to the environment. Concerning the Port Administration, that law considered that such administration should be exercised directly by the Union or by the concessionaire of the public port authority, with its jurisdiction, within the

port area limits, monitor port operations, ensuring that services take place regularly, efficiency, safety and respect for the environment;

- 2007 - Law No. 11.518 created the Department of Ports of the Presidency of Republic - SEP/PR whose powers and competence consists in the formulation of policies and guidelines for the development of the sector, in addition to implementing measures, programs and projects supporting the development of port;
- 2008 - Decree No. 6620 established policies and guidelines that pointed to the development and promotion of the ports and port terminals sector, regulating the granting thereof, the lease and authorization of maritime port facilities upon prior guarantee sustainable means of these facilities; and
- 2013 - Law No. 12815, known as the New Brazilian Ports Law, regulated by Decree No. 8033/13 provides that the exploitation of organized ports and port facilities may be made directly or indirectly by the Union, suppressing the deliberative character of the local Councils.

3. PORT ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

According Kitzmann & Asmus (2002): "Environmental management is a set of operational programs and administrative practices aimed at environmental protection and health and safety of workers, users and communities".

The CONAMA Resolution No. 306/2002 defines Environmental Management as driving, managing and controlling the use of natural resources, environmental hazards and emissions to the environment, through the implementation of an Environmental Management System.

This integration can occur both in product development and in the supply of more environmentally responsible services, doing so with the management to be put as a way of administrative organization of this link in their behavior and environmental variables, attempting to forever the needs of stakeholders, negotiating conflict and, as Carrieri (2002): "aiming to reduce as far as possible its negative impacts."

In the case of port operations, the impacts can result from handling operations, transportation and cargo storage, as well as: infrastructure maintenance services; supply and repair of vessels, machinery, equipment and vehicles in general, which, when done improperly, can generate solid, liquid or gaseous waste that may cause pollution of air, water, soil and subsoil. Other relevant impacts are those resulting from heavy goods traffic in and change the landscape, among others.

Thus, port activities can have negative environmental impacts, increasing risks to health and local security, and endanger ecosystems. Hence the importance of the implementation of environmental management in this area, requiring not only compliance with existing standards, which must be constantly improved, as promoting the adoption of good and best environmental practices in port operation and management.

Thus, the Port Administration must have environmental awareness and proper conduct of the importance of these issues.

Within the context of covering the thought of environmental sustainability, we can say that the environmental manager model of organized ports and other port facilities should be based on institutional paradigm able to make the activities related to the sector in more timely and appropriate structures, observing the legal framework that regulates the environmental demands handled by international conventions to which Brazil is a signatory, to the national legislation, entering into provisional measures and public policies of federal and state levels (CIRM 1998).

Another great legal importance instrument in the evolution of environmental issues in the world is the Environmental Impact Assessment (EIA/RIMA), whose goal is to bring prevention and precaution of environmental damage, administrative transparency about the environmental effects of public and private enterprises, consultation stakeholders and management decisions. This instrument has to be used preventatively for approval of industrial zones and any potentially polluting activity and harmful to the environment.

In the port sector, it was from this idea of prevention and precaution to negative environmental impacts, on October 31, 1996, the Infrastructure Policy Board, chaired by the Civil House of the Presidency of the Republic approved the Government Action Plan Sub Port sector (PAG), prepared by the Executive Group for Modernization of Ports - GEMPO, basic document of the second phase of the Port Modernization Program (PIMOP). This action initiated the implementation of the Port Environmental Agenda, bringing "... an activity of the commitments of phase with the environmental management of seaports and is composed of a series of actions to modify and implement a profile of activity, adapting it guidelines for environmental preservation"(Geiport 2001).

In addition to these instruments currently in Brazil, the main obligations to be met by port managers are obtaining operating licenses; dredging licensing; environmental management facility; individual emergency plan; plan for solid waste management; environmental audit; risk management program; emergency management plan and environmental risk prevention program; and control and environmental monitoring.

3.1 Environmental Performance Index - IDA

ANTAQ, in fulfilling its legal duties in the environmental context, through its Environmental Management, created the Integrated Environmental Management - SIGA (ANTAQ 2), for the compliance with the law and the adoption of good practices in ports.

From the reviews of SIGA, the Resolution No. 2.650/2012 created the Environmental Performance Index - IDA (ANTAQ 3), adopted as a "tool for monitoring and control of environmental management at port facilities", that allows to quantify and simplify information to facilitate the understanding of the public and decision makers about the port environmental issues; and has the following structure, comprised of four categories:

The categories that make up the structure of IDA has 38 (thirty eight) indicators, of which 14 (fourteen) global, using the AHP - Analytic Hierarchy Process.

The Economic-operating category: "[...] deals with the actions of the organization, structuring and responsiveness, dedicated to environmental management, in accordance with its port operations. It has a set of 7 global indicators and 24 specific indicators.

The Socio-cultural category evaluates methods and social actions inserted in the environmental logic, "understood and treated as an integrated process, in which all aspects of environmental quality are considered," among them: health and sanitation issues, including environmental education the dissemination of good environmental practices and health contingencies, such as occupational health, collection and disposal of waste from vessels, containment of possible pandemics, etc.

The Physical-chemical category consists of indicators related to management actions of the possible types of pollution resulting from port activities.

Finally, the Bio-ecological category, which considers indicators that evaluate the issues more directly related to organisms in the port areas.

A report published by ANTAQ from data collected in the second half of 2015 shows, in the Figure 1, some results on management of Brazilian organized ports, based on IDA.

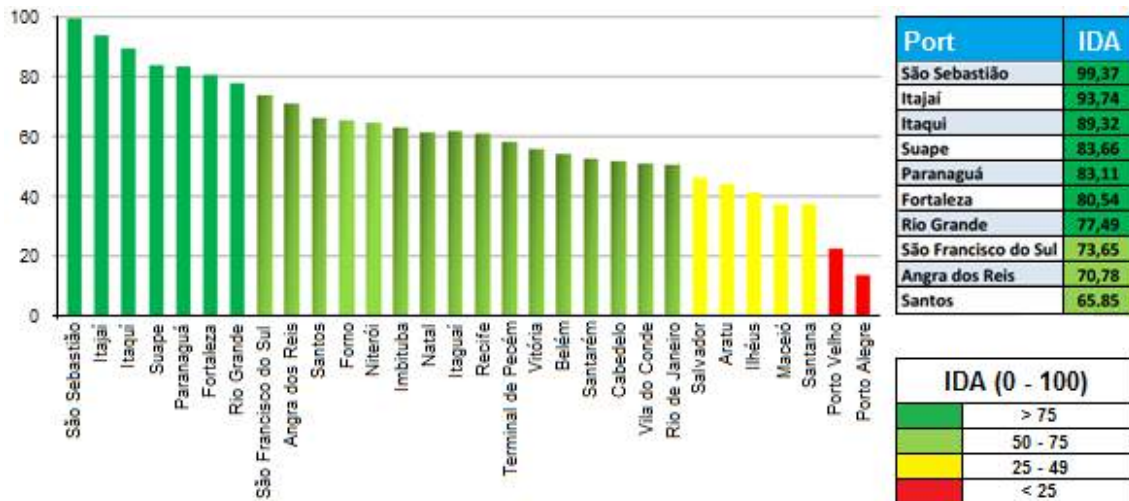


Figure 1 – IDA – Evaluation in the second half of 2015 (ANTAQ 4).

The Port of Santos appears in 10th place. However, this index does not consider some variables that can be influential, such as history of expansion, port-city relationship, importance in the national economic context, annual handling cargo, type of cargo, management structure, etc. For example: The Port of Santos, the largest public port of Brazil handles the sum of the ports that occupy the 2nd to 5th place. Among the 10 best-ranked, only the ports of Angra dos Reis, Fortaleza and Santos are administered directly by the Federal Government with centralized decisions in the Secretariat of the Ministry of Transport Ports. Angra and Fortaleza are small ports. The other ports are delegates to states and municipalities, with local management, more agile and flexible.

ANTAQ received feedback on the part of environmental managers of the 29 public ports evaluated in the IDA, by applying a questionnaire, which some relevant answers below:

Question 5: Is the composition of IDA indicators adequate? Answer: 36.4% had doubts and 9.1% disagreed.

Question 6: Is the distribution of weight assigned to each IDA indicator appropriate today? Answer: 41% disagreed.

Question 7: In the case of the existence of indicators score below desired that port currently, what internal and external factors are preventing the improvement? Answer: Most frequent Topics:

- Lack of investments;
- Lack of proper / qualified personnel;
- Lack of coordination between actors;
- Lack of power of action; and
- Lack of environmental awareness.

The centralization of the national port system decisions in Brasilia, on the basis of Law No. 12815/2013 explains, in large part, this perception.

3.2 AQUA-Portos Certification

The AQUA-Portos Certification was developed by Vanzolini Foundation in partnership with the Center for Innovation in Logistics and Port Infrastructure (CILIP) of the São Paulo University (USP), as a certificate of sustainability. The AQUA Certification, launched in 2008, it is a version adapted for Brazil of the french certification HQE (Haute Qualité Environnementale), bringing a proposed change in the culture of civil construction under planning and management. Since then, several residential and commercial buildings, and

logistics and industrial parks among other projects received this certification. The AQUA-Portos Certification is a derivation of certification AQUA, with specific application to the port activity based on environmental licensing criteria, best practices and best practices.

This certificate aims to reduce the impacts of various activities of the branches of construction and port operation, following environmental parameters of development of local communities, health and safety of the operations are intended. The certification stages include pre-design, design, implementation and operation.

The reference of this AQUA-Portos Certification includes requirements of a Port Management System (SGP) criteria and indicators of environmental performance and quality of life for assessing these buildings.

Environmental Quality Performance indicators for Port Facilities (QAIP) consider 15 categories divided into three themes: social and economic life, quality of life and environment, assessing until 342 items according the specific project, evaluating the harbor and its surroundings, the property security, construction site, waste, natural environments and ecosystems.

In these 15 categories are required the demonstration and proof of these items from the early stages of planning and design, to see what were the environmental measures taken to ensure there is no impact on the fishing activity, the quality of air and water; and that environmental impacts are minimized, such as noise and vibration, among other.

As previously mentioned, the ANTAQ index IDA considers only aspects of environmental licensing. Already Certification AQUA-Portos goes beyond assessing the stage of the environmental initiatives of the ports qualifying them with good and best practices.

The AQUA-Portos criteria to be met by port project are:

- Base (B): - ENVIRONMENTAL LICENCE - Minimum performance acceptable to a High Environmental Quality company. This should correspond to rules that require enough performance of a company, or in the absence of that, the current practice.
- Good practice (GB): It means that the port will improve its environmental project obtained the environmental license.
- Best practice (BP): Level calibrated in line with the best practices that can be adopted in the High Environmental Quality projects. Considers the reality of Brazilian ports.

The Table 1 (Pereira 2015) shows an example of evaluation by de AQUA-Portos criteria (Port of Itaoca, a new port offshore in Espírito Santo State, the first certificated by AQUA-Portos in Brazil, in 2015).

Table 1. Port of Itaoca – AQUA-Portos evaluation.

Port of Itaoca - Construction Phase				Port of Itaoca - Operating Phase			
Category	Level of effort			Category	Level of effort		
	Low	Medium	High		Low	Medium	High
	GP > 35% BP > 60%	GP > 30% BP 50-60%	GP > 20-25% BP > 50-80%		GP > 35% BP > 60%	GP > 30% BP 50-60%	GP > 20-25% BP > 50-80%
The port and its surroundings	BP			The port and its surroundings	GP		
Economic and social approach	BP			Economic and social approach	BP		
Property security	BP			Property security	BP		
Care and maintenance	BP			Care and maintenance	GP		
Accessibility and mobility			GP	Accessibility and mobility			GP
Comfort	GP			Comfort	B		
Health	B			Health	B		
Energy		B		Energy		B	
Water			GP	Water			BP
Construction site and materials		BP		Construction site and materials		BP	
Waste	GP			Waste	GP		
Natural environments and ecosystems	GP			Natural environments and ecosystems	GP		
Air quality				Air quality			GP
Climate changes				Climate changes			GP
Soil Quality				Soil Quality			GP

This system allows evaluating the level of effort associated with each category. This shows that there are categories that are naturally more difficult to control, as well as being monitored by the port (Pereira 2015):

- Great effort for the port to consider aspects of the project: (Air quality, climate change, energy and health).
- Greater effort to consider the port operational aspects: (comfort, health and energy).

The Vanzolini Foundation now seeks to extend this sustainability certification for other ports and port facilities, thus contributing to the sustainable development of this important sector in Brazil.

4. THE PORT OF SANTOS

Located in the municipalities of Santos and Guarujá, with a quay length of 15,960 m and the total floor area of approximately 8.2 million square meters, the Port of Santos is considered the Brazilian main port complex and also in Latin America, responsible for about a quarter of movement of the Brazilian trade balance.

The Dock Company of São Paulo State - CODESP is the Port Authority responsible for the management and supervision of the Organized Port of Santos, offering services and infrastructure to the owners, tenants and port operators, as well as giving support to the government, trade and economic development with social/environmental responsibility.

The Port of Santos has several challenges when in that related matters Environmental Management. Among these factors are the complexity of its facilities due to the volume and variety of cargo, such as solid and liquid bulk; general cargo, including containers; project cargo (transformers, generators, wind blades, etc.); vehicles, etc., and their location: surrounded and limited largely by urban cities of Santos and Guarujá, and a estuary fed by tributaries to which converges all the untreated pollution existing in urban areas where their contribution areas.

Terminals and other port stakeholders of the port area, whose activities require the existence of environmental and/or sanitary licenses or permits, perform these requests on your behalf directly to the licensing agencies, and CODESP only verifies the existence, validity and compliance obligations.

The Port of Santos is in the process of obtaining the Operating License, whose responsible is the Brazilian Institute of Environment and Renewable Natural Resources - IBAMA.

CODESP considers a challenge to achieve good performance in environmental management at the Port of Santos. This perception stems from the intense and continuous movement of cargo in the largest port complex in Brazil, fundamental to the national economy; the environmental compliance requirements of operations, and the own origin and evolution of their occupation, which includes environmental liabilities which solution involves significant investments; problems of accessibility and port-city conflicts.

Another factor to consider is that the Port of Santos is federal, and after the enactment of Law No. 12815/2013, both leases with issues related to dredging, for example, are centralized in Brasilia, which limited local and regional autonomy in strategic decisions, including investments.

As previously mentioned, ANTAQ established the Environmental Development Index - IDA, which includes several performance indicators, assessing the various public port facilities in Brazil. But, according Pereira (2015), IDA is a good Brazilian initiative, but considers only aspects of the environmental license.

5. THE "GREEN PORTS" MOVEMENT

The growing concerns with sustainability in many ways include the rational use of natural resources and the future of the planet. In this context, the "green" initiatives are increasingly present in various activities of our daily lives. It's no different in the ports.

The growing concern and activism against pollution generated by port activity has raised the movement "Green Ports".

National and international laws have been created for new and existing ports, encompassing sustainability issues and creating increasingly stringent standards to create projects that minimize environmental impacts in port operations.

However, there is a conflict between the benefits generated by the ports and their terminals, as drivers of economic development of certain regions and/or cities, and the inevitable adverse effects on the environment caused by these activities.

Because of this conflict, and to adapt to increasing requirements imposed by the governments, emerged the concept of "Green Ports" which seeks to establish new quality and performance standards, and regular port activities to ensure the quality of life of the population in port cities and hinterlands, and become the port more competitive and visible on the market.

Some of the most important ports in the world have programs related to the "Green Ports" concept in different levels. There are some examples like: Long Beach (California - USA), Singapore and Rotterdam (NED).

6. RESULTS

CODESP argued that does not agree with some criteria and indicators adopted in IDA methodology.

One of the shortcomings with regard to the adoption of good and best practices in the Port of Santos activities stems from the lack of investment and government initiatives when it comes to infrastructure necessary for the implementation of sustainable processes and technologies. The centralization of strategic decisions of the Brazilian port system in Brasilia is one of the factors that hinder this process.

There are several programs and practices that could be implemented to minimize the negative impacts of activities. One is the land-based electric power supply for ships, eliminating the need for engine operation during the mooring period. This procedure would allow the reduction of emissions, vibration and noise that affect the health of both people working in port activities, as the residents of urban areas nearby. There are studies predicting the use of electricity using natural gas, however, nothing effective. The same goes for the use of alternative or renewable energy.

Another structural deficiency of the Port of Santos is the transport matrix in Brazil, which just uses railways and waterways for the transportation of their cargo. In 2015, for example, only 25% of cargo handling at the Port of Santos was taken by railways.

Perhaps the best example of initiative in the sustainability of the Port of Santos has been the implementation of the Brazil Port Terminal (BTP). The area leased to entrepreneurs was the old "dump" of CODESP, the largest environmental liabilities of the port, where over the years have been deposited thousands of tons of various types of chemical residues. The entrepreneur took the decontamination of soil, which resulted in the removal and treatment of approximately 730,000 tons of contaminated soil at depths of up to 15 m. The terminal, one of the most modern in the Port of Santos, was opened in 2013 and today is one of the country's leading container operators, considered world class.

So, initiatives are being taken, however, still lack a systemic character, awareness and increased local participation in defining strategies and decision making. Nor can it be forgotten that the port is a part of the logistics chain. Thus, some solutions rely on other entities of the process.

7. CONCLUSION

The Port of Santos has the potential to maintain its important role in the economy, and tends to maintain its status as the main port complex in the country. However, this requires planning, investment and continuous improvement of processes and systems that combine productivity, growth and competitiveness, taking into account the three pillars of sustainability: economic, social and environmental.

According Pereira (2015), the ANTAQ - IDA is a good initiative, but it is restricted to the formal environmental licensing limits without necessarily foster good and best practice in the port sector. According the same author, the development of criteria for analyzing the demands of the port environment is shown in Table 2.

Table 2. Criteria for analyzing the demands of the port.

	1996	2004	2009	2013	QAIP
1	Port development (water)	Waste	Noise	Air quality	Relationship with the local community
2	Water quality	Dredging operation	Air quality	Waste	Economic and social approach
3	Dredging disposal	Dredging disposal	Waste	Energy consumption	Care and maintenance
4	Dredging operation	Dust	Dredging operation	Noise	Construction site and equipment
5	Dust	Noise	Dredging disposal	Vessel waste	Soil Quality
6	Port development (soil)	Air quality	Relationship with the local community	Relationship with the local community	Property security
7	Contaminated soil	Hazardous cargo	Energy consumption	Dredging operation	Accessibility and mobility
8	Degradation / habitat loss	Supply of ships	Dust	Dust	Comfort
9	Traffic volume	Port development (solo)	Port development (water)	Port development (soil)	Water quality
10	Industrial effluent	Ship discharge (sanitary effluent)	Port development (soil)	Water quality	Waste
11	---	---	---	---	Natural environment and ecosystem
12	---	---	---	---	Air quality
13	---	---	---	---	Climate changes
14	---	---	---	---	Health
15	---	---	---	---	Energy

Considering that Brazilian port characteristics are very different compared to European ports, Pereira (2015) considers that it is possible to introduce new criteria to be assessed in certified ports in Brazil. Confirming this conclusion Table 3 shows the ten priorities of European Sea Ports Organization - ESPO (GreenPort 2016).

Table 3. European Sea Ports Organization – Ten priorities.



Energy consumption linked to the correlation between energy consumption, the carbon footprint and climate change; noise and relationships with the local community are all gaining importance in that list. The Port of Santos has shortcomings in addressing these issues in addition to its significant environmental liabilities. Dust, unpleasant odors and the presence of animal disease vectors remains a serious problem in solid bulk operations near urban areas.

However, it is still necessary to improve system management, both locally and nationally. After all, in a country of continental size like Brazil, it makes no sense to centralize the management of the Federal Government. The larger and more efficient ports worldwide show that regionalization is the most appropriate model. And management should be highly technical, based on results and committed to the economic, environmental and social sustainability.

In Brazil, especially in a state like São Paulo, the most developed in the country, with booming agriculture and industry, the participation of states, municipalities and the private sector is necessary in order to reconcile interests and goals. In this sense, the Law No. 12815/2013, which removed the deliberative character of the Port Authority Councils, was a step backwards in relation to the Law No. 8630/1993.

Finally, it is essential that all stakeholders understand that the three pillars of sustainability: economic, environmental and social have similar importance and cannot be treated independently or radically, or seen only as a cost, but an investment in the future.

REFERENCES

- ANTAQ 1 (Agência Nacional de Transportes Aquaviários). Meio Ambiente – Gestão Ambiental. http://www.antaq.gov.br/portal/MeioAmbiente_GestaoAmbiental.asp. Brasília: ANTAQ.
- ANTAQ 2 (Agência Nacional de Transportes Aquaviários). O Sistema Integrado de Gestão Ambiental Portuária - SIGA. http://www.antaq.gov.br/portal/MeioAmbiente_SIGA.asp. Brasília: ANTAQ.
- ANTAQ 3 (Agência Nacional de Transportes Aquaviários). O Índice de Desempenho Ambiental – IDA. http://www.antaq.gov.br/portal/MeioAmbiente_IDA.asp. Brasília: ANTAQ.
- ANTAQ 4 (Agência Nacional de Transportes Aquaviários). Notas IDA 2º Semestre 2015. http://www.antaq.gov.br/portal/pdf/IDA/2015/Ranking_IDA_2_2015.pdf. Brasília: ANTAQ.
- Asmus, M. L.; Kitzmann, D. I. & Laydner, C. 2005. Gestão costeira no Brasil: estado atual e perspectivas. In *Encuentro regional cooperación en el espacio costero*. Montevideo, 2004.
- Carrieri, A.P. & al. 2002. Sistema de Gestão Ambiental: construção, fatores e atores. *Revista de Gestão e Planejamento*. Ano 3. No. 6: 71-86. Salvador: Unifacs.
- CIRM (Comissão Interministerial para os Recursos do Mar) 1998. Agenda ambiental portuária. Brasília: Cirm, Gi-gerco e Subgrupo Agenda Ambiental Portuária.
- Cunha, I.A. & al. 2014. Agenda Ambiental Portuária do Porto de Santos. Santos: Leopoldianum.
- Geiport 2001. A Reforma Portuária. Brasília: MT.
- Green port, 2015. About Us. www.greenport.com/aboutus. Hampshire: Mercator.
- Green port, 2016. ESPO priorities for ports. www.greenport.com/news101/europe/top-environmental-priorities-for-ports. Hampshire: Mercator.
- Guo, Z. 2015. Um dos desafios na relação porto-cidade é o desenvolvimento sustentável de ambos. 4 October 2015: C-5. Santos: A Tribuna.
- Pereira, N. N. 2015. “Green Ports” (portos verdes): Conceitos e Certificação para Projetos e Operação no Brasil. http://www.antaq.gov.br/portal/pdf/Palestras/2015/2015_Ciclo_de_Palestras/Newton_Pereira_USP_Green_Ports_Conceitos_Certificacao_para_Projetos_Operacao_Brasil.pdf. Brasília: ANTAQ.
- Port of Long Beach, 2016. www.polb.com. Long Beach: Port of Long Beach.
- Porto, M.M. & Teixeira, S.G. 2002. Portos e meio ambiente. São Paulo: Aduaneiras.
- PORTOGENTE 2016. Porto de Cingapura. <http://portogente.com.br/portopedia/73179-porto-de-cingapura>. Santos: Portogente.
- PORTOGENTE, Porto de Rotterdam, 2016. <https://portogente.com.br/portopedia/73392-porto-de-rotterdam-informacoes-principais>. Santos: Portogente.



Occupancy patterns and building performance. Developing occupancy patterns for Portuguese residential buildings

José Amarílio Barbosa

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal
jabarbosa@civil.uminho.pt

Ricardo Mateus

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal
ricardomateus@civil.uminho.pt

Luís Bragança

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal
braganca@civil.uminho.pt

ABSTRACT: The construction sector is responsible for enormous environmental impacts. Those are mainly due to the use of materials, energy and land. The impact of a single building is normally directly dependent on the size of the building or in the area of land it occupies. In this article, it is argued that strategies to improve building performance by reducing building size must take into account occupancy patterns of each type of building compartment in order to correctly assess compartment area needs. Nevertheless, occupancy patterns typically found in the literature do not provide enough detail to allow a deep analysis of the use of each type of building compartment. The objective of this study is to propose methods to produce detailed occupancy patterns that allows the assessment of building performance. For this, a questionnaire was developed and tested in the development of preliminary detailed occupancy patterns for Portuguese residential buildings.

Keywords *Building performance; occupancy patterns; environmental impact.*

1. INTRODUCTION

1.1 The importance of occupancy time for building performance

The understanding that occupancy time is of great importance for building performance is somehow common sense. For example, many authors argue that one problem of nowadays cities is the abandonment of city centres (Halleux et al., 2012). Buildings that are abandoned, i.e. with zero occupancy, may be regarded as the most inefficient buildings. In consequence, new city areas are needed to compensate the needs of the population and this promotes urban sprawl (Barbosa et al., 2014a).

A building inside an urban area must accomplish some purpose for the community, such as residential, commercial, office, health care, educational, etc. Each one of these purposes has secondary functions associated. For example, residential buildings provide functions such as sleeping, eating, resting, leisure, working and others. Each one of these functions occupies part of the building during a certain amount of time, but some functions can be provided by several types of buildings. This overlap can be availed to increase building occupancy and thus building performance.

Regarding land use, if for example one building provides functions that makes it become occupied only for a limited time in each day, it is less efficient than other building providing more functions and thus being occupied for longer periods of time. Therefore, buildings should perform several functions to be occupied for longer periods of time and consequently be more efficient in the use of construction areas. The same reasoning can be used for parts of the building. Compartments that are used for short periods are less efficient than other compartments that are used for longer periods. In conclusion, buildings can be more efficient if they are designed taking in consideration the time in which the building and its parts are occupied. Besides this natural notion, only a small number of studies explore the concept of increasing occupancy time to improve building efficiency and none was found including this variable in the assessment method of buildings impact on land use (Barbosa et al., 2014b).

In a previous work by the authors, it is suggested that in order to increase building efficiency and performance, by means of increasing occupancy time of several compartments, the interior design of buildings should be such that allows transformation of compartments over time. This suggestion includes features such as adaptable furniture and moveable walls (Barbosa et al., 2016).

1.2 The use of occupancy patterns to quantify building occupancy

Although the time that each individual spends on different buildings and compartments is unique for every case, average values are often characterized in occupancy patterns or occupancy profiles. These patterns should be analysed in the design of high efficient and sustainable buildings because they allow the quantification of building occupancy. Nevertheless, studies about these patterns are normally only used for accurate calculation of buildings' energy consumption (Kavulya and Becerik-Gerber, 2012) (Oldewurtel et al., 2013). The analysis of human behaviour allows building accurate occupancy models for the prediction of thermal loads and energy needs in buildings. All studies analysed about occupancy patterns agree that realistic time-resolved data on occupant behaviour are

important inputs to various types of simulations (Wang et al., 2005) (Widén and Wäckelgård, 2010) (Azar and Menassa, 2012) (Clevenger et al., 2014) (Aerts et al., 2014) (López-Rodríguez et al., 2013).

Occupancy patterns are normally displayed in graphs in which the probability of use of the buildings or compartment (occupancy factor: value between 0 and 1) is presented for the duration of one day. The meaning of an occupancy factor of 1 in a given time interval is that the building is always occupied during that interval, while 0 means that the building is always empty.

In most cases, building occupancy patterns are developed for representative occupancy days, but occupancy profiles should consider different patterns for weekends, holidays or empty periods (Motuziene and Vilutiene, 2013). Occupancy patterns can be divided in two main types regarding the depth of the analysis: one considering the occupation of the buildings as a whole, and other considering the occupation of single compartments. Furthermore, regarding the origin of the data, occupancy patterns can be divided between those using average occupancy data from Time Use Surveys (TUS) and those using real data obtained by monitoring. So far, little work has been done to evaluate the sensitivity of these patterns (Davis Iii and Nutter, 2010) but there has been an increase in research in this area in recent years (Duarte et al., 2013).

One problem related with many works regarding occupancy patterns is that they are focused in energy consumption (Oldewurtel et al., 2013). As an example, Richardson et al. developed occupancy patterns for residential buildings in the United Kingdom, using the TUS approach (Richardson et al., 2008), considering values close to zero during the night because although the building is occupied occupants do not spend electricity in this period. In these cases, the occupancy profiles show the overall probability of individuals being at home and active. This type of occupancy patterns is not useful to quantify occupancy regarding the buildings use efficiency.

Nevertheless, other types of models consider occupation during the night instead of activity. For example, Aerts et al. (Aerts et al., 2014) developed a probability model based in Belgian TUS that considers occupancy in three possible states: (1) at home and awake, (2) sleeping or (3) absent (Figure 1a). Figure 1b shows a more detailed pattern in which the focus is on the occupants activities (Motuziene and Vilutiene, 2013). This type of occupancy patterns can be helpful to analyse buildings impact on land use. Nevertheless, these patterns can only be used to quantify occupancy considering the building as a whole, since the extrapolation from the activities to the occupancy time of the individual compartments may be subject to bad assumptions and errors.

In typical occupancy patterns of residential buildings, it is verified that people get up in the morning, leaving the house shortly afterwards (values close to zero in the morning), possibly returning for lunch (small peak) and then returning for the evening (values close to 1 during the end of the day and night) (Richardson et al., 2008). Davis and Nutter (Davis Iii and Nutter, 2010) developed occupancy profiles by direct observation and using sensors in North American university buildings (Davis Iii and Nutter, 2010). Analysing the average occupancy patterns for some types of buildings, it is possible to conclude that residential buildings are often empty during a great part of the day while office buildings, schools and others are often occupied during the day and empty during the night. This

shows the importance of analysing occupancy patterns in order to increase land use efficiency by correctly planning building occupancy.

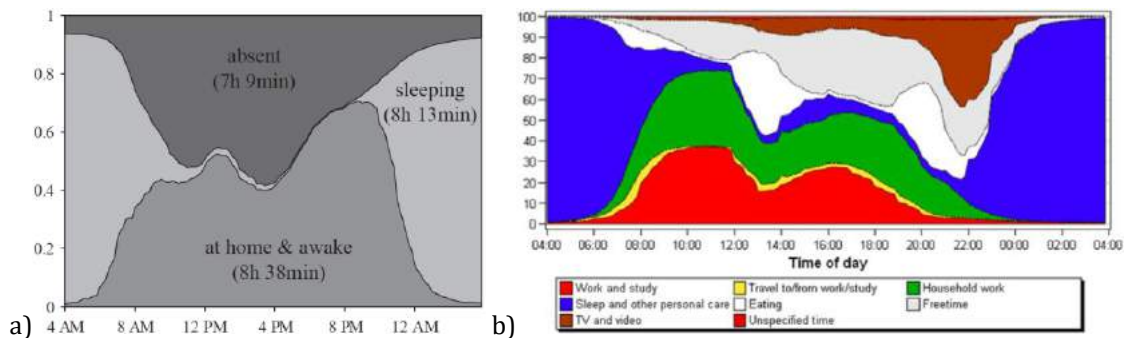


Figure 1. a) Occupancy model that consider building occupation (Aerts et al., 2014); b) Occupancy model that consider detailed activities (Motuziene and Vilutiene, 2013)

There are also occupancy patterns analysing the occupation of single compartments. These are scarcer, typically resulting from monitoring and generally intended for the determination of illumination alignments and for the calculation of internal thermal loads in accurate thermo-dynamic simulations. As an example, Figure 2a shows a low resolution occupancy pattern for compartments of a Spanish house (Motuziene and Vilutiene, 2013) and Figure 2b shows a high resolution occupancy pattern for a large commercial, multi-tenant office building in the USA (Duarte et al., 2013).

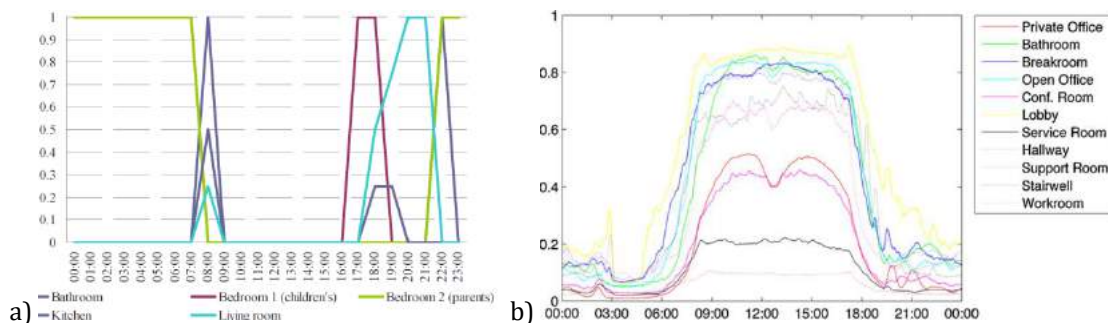


Figure 2. occupancy patterns considering individual compartments for a) a Spanish house (Motuziene and Vilutiene, 2013) and b) an office building in USA (Duarte et al., 2013).

In the work of Duarte (Duarte et al., 2013), surprisingly there were stable high values for occupancy probability of common areas such as lobbies, bathrooms, open office areas, break rooms, hallways, workrooms, and stairwells. This phenomenon was explained in part by the fact that the sensors detected movement by just one person and these spaces have considerable frequent activity during the day (Duarte et al., 2013). This also means that buildings with common areas may have increased efficiency of circulation areas.

Considering this gap in the literature and the absence of detailed occupancy patterns that analyse the occupation of buildings and individual compartments, the objective of this

work is to develop occupancy patterns for residential buildings, according to the Portuguese reality.

2. METHODOLOGY

In order to develop detailed occupancy patterns for Portuguese residential buildings, there is the need to gather data. For this, a questionnaire was developed and distributed among Portuguese inhabitants. One issue of this method is that detailed information is needed but it must not be hard to understand or fill and it must be fast in order to boost responses and to provide valuable data. Considering this, a simple questionnaire was developed with just 5 questions: 1 - Age; 2 - Gender; 3 - Portuguese region; 4 - Occupancy profile in week days; 5- Occupancy profile in weekends and holidays. The first questions were very fast and easy to answer, being the last 2 questions more challenging. The strategy was to use a table that is quickly understandable and easy to fill (Table 1). The questionnaire is available online at: <https://form.jotformeu.com/51594295289369>.

Table 1. Questions 4 and 5 in the occupancy pattern questionnaire

	Bedroom	Living Room	Kitchen	Bathroom	Other	Outside home
00h00 - 02h00						
02h00 - 06h00						
06h00 - 08h00						
08h00 - 10h00						
10h00 - 12h00						
12h00 - 14h00						
14h00 - 18h00						
18h00 - 20h00						
20h00 - 22h00						
22h00 - 24h00						

Participants were asked to fill the blank cells of each table with a percentage of use of each compartment in each time interval (line). In order to validate responses, it was necessary that each line totalizes 100%.

The questionnaire was distributed online by email and using social media. Because of this, it is impossible to precise the number of persons reached by the questionnaire, but it is estimated that the questionnaire reached a universe of 100 persons. 31 responses were gathered, from which 1 was considered invalid. All the participants were from the Minho and Douro Litoral regions of Portugal. Moreover, 73% of the participants were male and 27 were female; 3% were younger than 20 years old, 77% aged between 21 and 40 and 20% were older than 41 years old.

The data was analysed in order to produce occupancy profiles like the ones presented by Aerts et al. (Aerts et al., 2014) and Motuziene and Vilutiene (Motuziene and Vilutiene, 2013). For that, an occupancy profile was produced by the average values of each valid response to the questionnaire.

3. RESULTS AND ANALYSIS

The answers to the questionnaires allowed the computation of two different occupancy profiles, one for week days (Figure 3) and one for weekends (Figure 4).

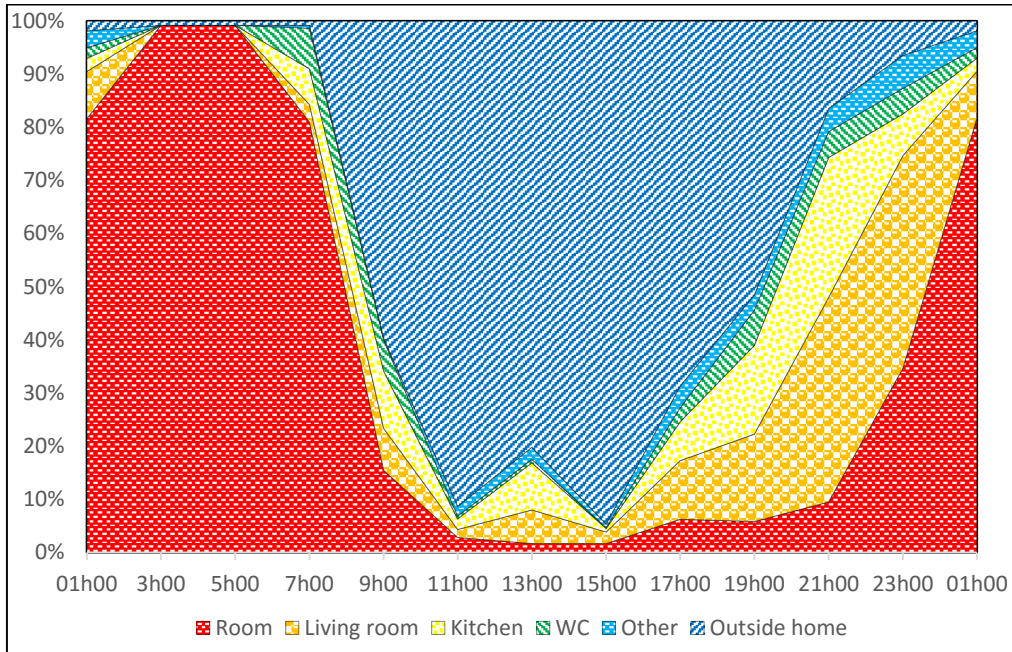


Figure 3. Occupancy profile of portuguese buildings in week days.

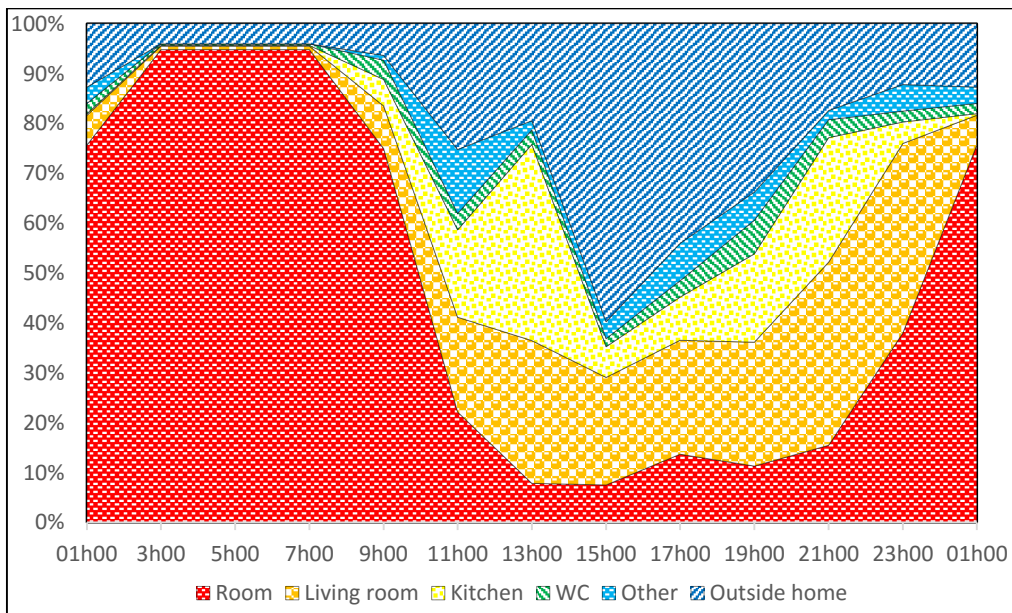


Figure 4. Occupancy profile of portuguese buildings in weekends and hollidays.

The results of this study, as expected, show that Portuguese residential buildings are often unoccupied during the day, mainly in weekdays and occupied during the night. When occupied, the compartment with more prevalent use is the room, followed by the living room and kitchen. Rooms peak occupancy during the night, while living rooms have peak occupancy during late afternoon and early night and kitchens peak occupancy during lunch and dinner time. From the analysis of weekdays and weekends it is possible to conclude that both kitchen and living rooms are more used during weekends and that while normally occupancy is higher in the weekends, occupancy during the night is higher when compared to weekdays. It is also possible to conclude that residents wake up later

during weekends. Bathrooms and other compartments have minor occupation more or less equally distributed along the day.

4. CONCLUSIONS

In this work, it is argued that building occupancy is an important variable to consider in the design of residential buildings and in the assessment of building performance. The basic concept of this work is that increasing the occupancy of existing buildings, the need for new buildings is reduced, improving the buildings impact on the environment. This paper presents a methodology to the development of accurate occupancy profiles of residential buildings detailed to the level of the compartment and based on questionnaires. This method was tested and the preliminary results proved the method to be simple and effective in the development of occupancy profiles for Portuguese residential buildings both for weekdays and weekends. The results correspond to previous expectations. It is believed that the fact that the questionnaire is easy to fill and takes only 5 minutes in average to answer allowed an increased response rate. Nevertheless, it is necessary to perform additional studies to reach a higher and more representative number of answers to the questionnaire.

4.1 Limitations of the study and future developments

In this preliminary phase of the study, the results of the study could be enriched by adding more answers to the questionnaires in order to provide a more representative sample of the Portuguese population. Three main issues were identified, the gender equilibrium, the approach to the age pyramid of Portugal, and the geographical distribution of the population.

Another issue of this method is that each questionnaire relates to the occupancy profile of one single person, while residential buildings have often more than one occupant. A new method must be developed to allow the development of occupancy profiles of residential buildings using the average household. For this, in a future study, average occupancy profiles for each age group in Portuguese age Pyramid should be used to compute representative occupancy profiles of residential buildings.

Also, in this study it is considered that one person occupying one compartment, uses 100% of its area. While this is false, it is hard to measure that each occupant uses when occupying one compartment. Future studies will have to deal with this difficulty.

REFERENCES

- Aerts, D., Minnen, J., Glorieux, I., Wouters, I. & Descamps, F. 2014. *A method for the identification and modelling of realistic domestic occupancy sequences for building energy demand simulations and peer comparison*. Building and Environment, 75, 67-78.
- Azar, E. & Menassa, C. 2012. Agent-Based Modeling of Occupants and Their Impact on Energy Use in Commercial Buildings. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 26, 506-518.
- Barbosa, J., Bragança, L. & Mateus, R. 2014a. New approach addressing sustainability in urban areas using sustainable city models. *International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development*, 5, 299-307.
- Barbosa, J., Bragança, L. & Mateus, R. 2014b. Assessment of Land Use Efficiency Using BSA Tools: Development of a New Index. *Journal of Urban Planning and Development*, 0, 04014020.

- Barbosa, J. A., Araújo, C., Mateus, R. & Bragança, L. 2016. Smart interior design of buildings and its relationship to land use. *Architectural Engineering and Design Management*, 12, 97-106.
- Clevenger, C., Haymaker, J. & Jalili, M. 2014. Demonstrating the Impact of the Occupant on Building Performance. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 28, 99-102.
- Davis III, J. A. & Nutter, D. W. 2010. Occupancy diversity factors for common university building types. *Energy and Buildings*, 42, 1543-1551.
- Duarte, C., Van Den Wymelenberg, K. & Rieger, C. 2013. Revealing occupancy patterns in an office building through the use of occupancy sensor data. *Energy and Buildings*, 67, 587-595.
- Halleux, J.-M., Marcinczak, S. & Van Der Krabben, E. 2012. The adaptive efficiency of land use planning measured by the control of urban sprawl. *The cases of the Netherlands, Belgium and Poland*. *Land Use Policy*, 29, 887-898.
- Kavulya, G. & Becerik-Gerber, B. 2012. Understanding the Influence of Occupant Behavior on Energy Consumption Patterns in Commercial Buildings. *Computing in Civil Engineering (2012)*.
- López-Rodríguez, M. A., Santiago, I., Trillo-Montero, D., Torriti, J. & Moreno-Munoz, A. 2013. Analysis and modeling of active occupancy of the residential sector in Spain: An indicator of residential electricity consumption. *Energy Policy*, 62, 742-751.
- Motuziene, V. & Vilitiene, T. 2013. Modelling the Effect of the Domestic Occupancy Profiles on Predicted Energy Demand of the Energy Efficient House. *Procedia Engineering*, 57, 798-807.
- Oldewurtel, F., Sturzenegger, D. & Morari, M. 2013. Importance of occupancy information for building climate control. *Applied Energy*, 101, 521-532.
- Richardson, I., Thomson, M. & Infield, D. 2008. A high-resolution domestic building occupancy model for energy demand simulations. *Energy and Buildings*, 40, 1560-1566.
- Wang, D., Federspiel, C. C. & Rubinstein, F. 2005. Modeling occupancy in single person offices. *Energy and Buildings*, 37, 121-126.
- Widén, J. & Wäckelgård, E. 2010. A high-resolution stochastic model of domestic activity patterns and electricity demand. *Applied Energy*, 87, 1880-1892.



Green Roofs Storage of Rainwater Alternative Systems

Paula Gonçalves Sobreira

Federal University of Pelotas, Civil Engineering Student, Pelotas (RS), Brazil
paulagsobreira@gmail.com

Adilson Souza Junior

Federal University of Pelotas, Civil Engineering Student, Pelotas (RS), Brazil
juninhoaf2@hotmail.com

Guilherme Schafer Maron

Federal University of Pelotas, Civil Engineering Student, Pelotas (RS), Brazil
guilhermemaron@gmail.com

Plinio Corral de Freitas

Federal University of Pelotas, Soil Laboratory, Engineering Center, Pelotas (RS), Brazil
pcorralf@gmail.com

Maria Tereza Pouey

Federal University of Pelotas, Engineering Center, Pelotas (RS), Brazil
mtpouey@brturbo.com.br

ABSTRACT: The building roofs are elements that get the heat from the solar radiation. The green roof can be an alternative to minimise the heat effect, in addition to providing other benefits. The vegetation of the roof, as any others, needs care and water to grow. An alternative solution could be the roof storage and retention of rainwater, with aim to reduce the cost of irrigation became it sustainable. The objective of this study is evaluating the green roof storage of rainwater system using reusable materials. The experiment realised on the building roof at Pelotas University - Capão do Leão – Brazil- in the summer. The green roofs have in common the layers components: waterproofing, drainage, topsoil and grass, differing by with and without storage and retention water system. Two covers were implemented: the first, with four cells, one without storage water system, as a reference (1), and the others three with storage and retention water system consisting, respectively, PET bottle (2), eggs plastic packaging (3) and sowing plate, as a material alternative trade (4). Due to the straightening best presented by the cell (2), in the second coverage they were only used pet bottle, with different heights. The vegetation of the covers kept stable, while drying a little bit in dry periods. The green roof monitoring shows that the system areas with more storage water volume, has better results in qualitative and visual analysis, indicating that the green roof implementation with rainwater storage devices could be a sustainable and lasting solution.

Keywords *Green cover; garden terrace; ecologic roof; sustainability; rainwater storage*

1. INTRODUCTION

The edification's roof is responsible for major heat absorption due to solar radiation. According to Araújo (2007), the rooftop is the main element exposed to thermal exchange between the building's interior and exterior, since it suffers constantly with solar radiation during the day, and loses heat at night and when it rains. Such thermal load is transmitted to the inner spaces, affecting directly the energy consumption due to the use of artificial air ventilation and the user's thermal comfort (Naranjo et al., 2011). A sustainable solution that can help reduce these effects on roofs is the use of green roofs.

It can be considered as a green roof every roof, plain or inclined, properly isolated and with a draining system for excess pluvial water, that has on its structure a layer of soil or substrate and another layer of vegetation. As reported by Morgado (1995), the green roof is a area of vegetation over a waterproof substrate, at any level, separated from the ground by an artificial structure.

They are classified, in relation to the adopted size, between extensive or intensive, differing, mainly, by the used substrate and vegetation thickness (Correa & Gonzalez, 2002). According to Araújo (2007), green roofs can still be classified as accessible or inaccessible, being the first an area open to people's use, such as suspended gardens or terraces, providing social benefits to its users as well as adding commercial value to the building, while the inaccessible ones do not allow people circulation, which can be plain, curve os with an inclination.

According to Disdale, Pearen and Wilson (2006), the hanging gardens of Babylon, built around 600 b.C. , were the oldest and most famous form of green roofs. As reported by Lopes (2007), although green roofs are an ancient technique, it is only now that they are becoming more present in Brazil. Studies on the subject are also very new. In the last decades green roofs started becoming a recurrent subject of studies in countries like Germany, Australia, Mexico, Singapore and Japan. However, with the new ecological conscience, concern about the environment well-being as well as the individuals' lifestyle, a new tendency to encourage and give support to the deployment of new green rooftops has emerged (Pouey, 1998).

In Brazil, there is no federal law imposing the implantation of green roofs, however, according to the News Council, the Urban Development Board from the House of Representatives approved the tax incentive to buildings that implement the new technology in at least 65% of its roof coverage. The initiative is defined in the Bill 1703/11 (BRAZIL, 2011) and will still be analysed by the Constitution, Justice and Citizenship Committee. Nonetheless, some Brazilian cities such as Recife has a municipal law 18.112/2015 (RECIFE, 2015), which states on Art. 1 that multi-family dwellings projects with more than four pavements and not residential ones with more than 400m² of roof area must contain green roofs. Just as Rio de Janeiro's Legislative Assembly regulated by law nº 6349/12, on Art. 1 that Executive Power is authorised to install the so called "green roofs" on Rio's public buildings, autarchies and foundations afterward the law enactment (RIO DE JANEIRO, 2012).

The benefits associated to the use of this kind of technology, as stated by the *Internacional Roof Association* - IGRA (IGRA, 2016), can be divided in "public benefits" and

“private benefits”. The public ones take into consideration the fact that green roofs are the natural habitat for fauna and flora, that it can retain rain water, decrease urban heat island effects as well as reduce the suspension of dust and pollution. The private benefits are associated to thermal and acoustic comfort provided, the contact with nature amidst urbanization and the creation of leisure areas. As reported by Mendonça (2015), the implementation of green roofs is the solution for creating green spaces, taking into account that every day cities suffer from green spaces losses, resulting in hot and polluted urban microclimates.

D’elia (2009) also says that the green structures can help control the greenhouse effects, improve air quality through photosynthesis, reduce rainwater flow to public streets and mitigate heat pocket effects on metropolis.

The kind of vegetation on the roof is critical for its efficiency, since it is exposed to wind, the weather and harmful substances, besides the fact that most of the time it receives no care and relies only on rain water to develop itself. Therefore, it is worth to select robust plants and install irrigation. Due to the elevated cost of both implantation and maintenance of the irrigation system, the green roof becomes unviable. Now it has become an option to install green roofs with rainwater storage, maintaining soil’s humidity, important aspect for the vegetation’s development.

This research has the purpose of reporting two experiments using green roofs and alternative rainwater storage methods. Experiment 1: With three devices made from different materials. Experiment 2 was developed using the best results from the first experiment.

2. METHODOLOGY

The green roof experiments were established at Campus Capão do Leão at Federal University of Pelotas above the Engineering Centre’s Soil Mechanics laboratory roof slab.

It was used a visual criteria on both experiments, paying attention to the grass’ behaviour over time with the different devices: (a) Survives and maintain its aspects; (b) dries; (c) Recovers itself e becomes green again. This research has the purpose of evaluate the importance of rainwater storage on green roofs and the differences between each method used. This behaviour was registered photographically.

The water storage system is found below the geotextile mantle and layers of substrate and vegetation, with no contact once or ever with the exterior, making it impossible the proliferation of diseases through mosquitoes larvae.

2.1 Experiment 1

The experiment consisted on the construction of a green roof, with three different storage devices between its layers and some without. Among the materials used two were recycled, 2l PET bottles and plastic egg cartons. The third material is an alternative one - commercial seedcases to grow plants - that even though has a cost, can easily be made from polystyrene, helping with the thermal insulation.

Superficially the green covering is the same, but underneath it was subdivided in four equal areas of 1.2m x 2.0m each, also being separated by bricks, having the total measurements of 5.8m x 2.4m, as shown on Figure 1.

These areas were called A1; A2; A3 and A4.

- A1 - Pattern- with the following layers: Slab, waterproof mantle, geotextile mantle, vegetable soil and “Catarina” grass (Fig. 2a);

In the following areas, the storage devices were placed between the waterproofed slab and the geotextile mantle:

- A2 – 2l PET bottle’s bottom, clipped together (Fig. 2b);
- A3 – Plastic egg cartons, opened and wired together (Fig. 3a); and
- A4 – juxtaposed seedcases (Fig. 3b).

The exceeding rainwater is removed from the green roof system and discarded onto the drainage system.

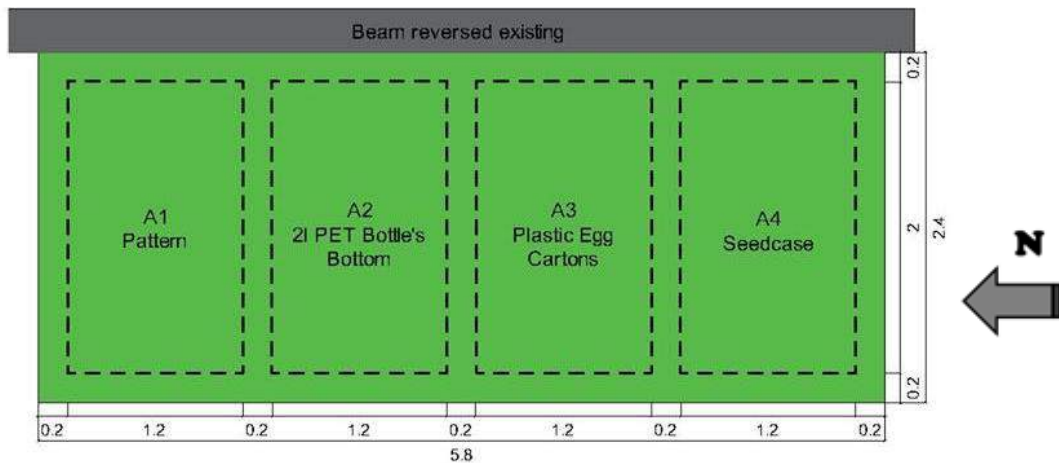


Figure 1. Experiment 1 - Scheme showing the experimental areas and each different water retaining mechanism.



(a) A1-Experiment implanted



(b) A2 - 2l PET bottle's bottom

Figure 2a-b – Experiment 1- Devices made for rainwater storage (a) A1; (b) A2



(a) A3 - plastic egg carton



(b) A4 - Seedcase

Figure 3a-b. Experiment 1 - Devices made for rainwater storage (a) A3; (b) A4

2.2 Experiment 2

This experiment was made taking into consideration the best results from experiment 1 and consisted of two observation areas, so called A5 and A6, identical cells, as shown at Figure 4. Each cell has 2m^2 , being 1m width, 2m length and 0.4m of depth.

Both had the same covering, consisting of the waterproofing of slab and wall; rainwater storage device; geotextile; substrate composed of vegetable soil (80%) and organic compounds (20%) dispersed on a 10cm layer; and “Bermuda Folha Larga” grass.

It was used 2l PET bottle's bottom to make the water retaining device, with different heights: 5cm at A5 and 20cm at A6, being this the only difference between the two coverings. It was also created a drainage system to get rid of the residual rainwater. Figure 5a-c shows pictures of the assembly.

The experiment was made under critical circumstances, therefore, without irrigation, relying only on rainwater, during the summer (January, February and March), when the solar radiation is more intense.

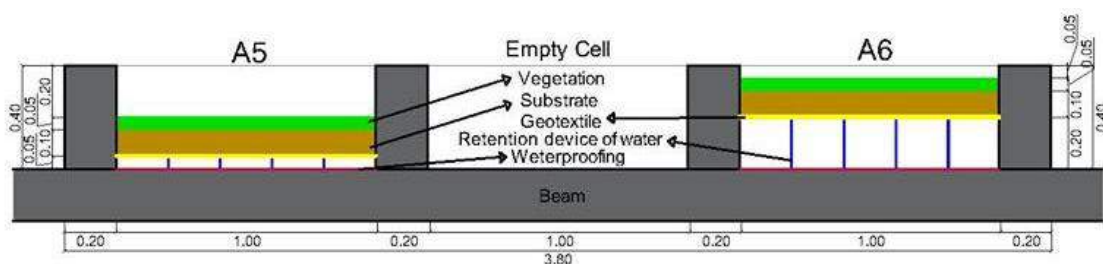
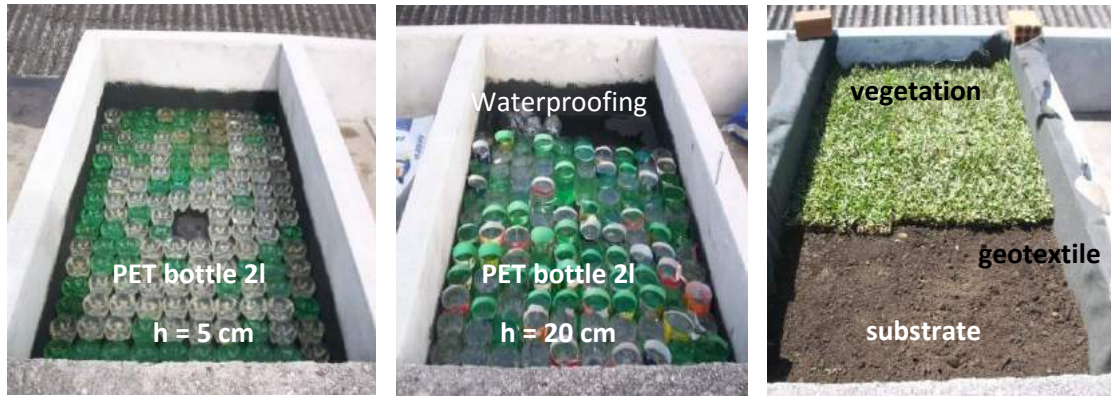


Figure 4. Experiment 2 - Sketches representing green coverings A5 and A6.



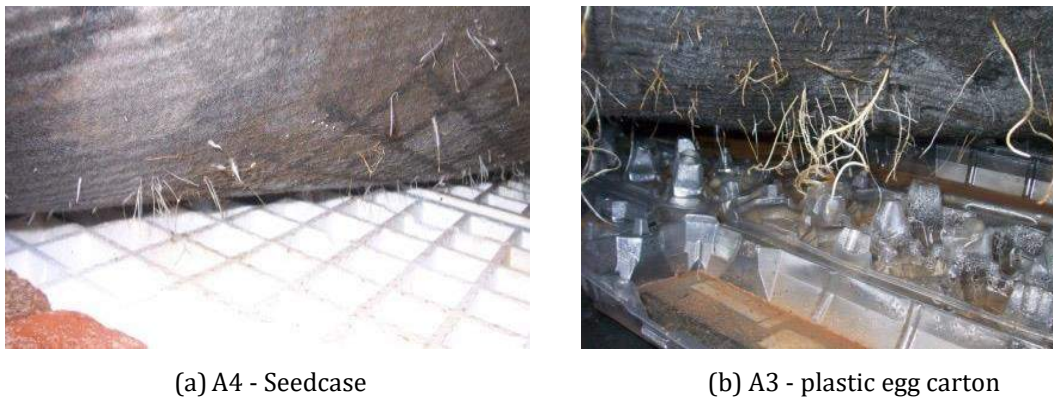
(a) Cell A5 (b) Cell A6 (c) Final layers: substrate and vegetation
Figure 5a-c. Experiment 2 - Assembly stages (a) A5; (b) A6; (c) final layers

3. RESULTS

Following the methodology, the criterion was visual, made by observing the behaviour of the grass, alongside with the measurement of the amount of water stored.

3.1 Experiment 1

The experiments allowed us to notice the tendency for the vegetation to grow stronger over the PET bottoms, probably because of the capacity to store more water than the rest of the devices. In every case the roots got through the geotextile blanket searching for water and nutrients, as shown at Figure 6a-b, that also shows a view of the green roof Figure 6c.



(a) A4 - Seedcase

(b) A3 - plastic egg carton



(c)

Figure 6a-c. Experiment 1 – Results (a) Area A4; (b) A3; and over view (c).

3.2 Experiment 2

The Green roof installation was made in November/2014. The experiment was analysed in summer. Table 1 shows the precipitation levels for the month of January, February and March of 2015. January and February stood out respectively, of excess (96.5%) and shortage (40.0%) of precipitation in relation to the normal value.

Figure 7a-b shows both cell A5 and A6 and the retained water on the day that followed an accumulative precipitation of 24.2mm, indicating the efficiency of the proposal. It is also clear that once again the roots went through the geotextile searching for water and nutrients.

Table 1. Rainfall data regarding the studied months.

	Precipitation		Precipitation accumulated		Maximum Precipitation (24hours)		Number of days of precipitation	
	mm		mm		mm		mm	
Month/2015	Month	Normal	Month	Normal	Month	Normal	Month	Normal
Jan	234.0	119.1	234.0	115.9	36.2	82.0	12.0	11.7
Feb	91.9	153.3	91.9	157.7	39.8	188.2	15.0	11.5
Mar	104.1	97.4	105.1	96.9	75.6	126.8	8.0	10.3

Source: Adapted from EMBRAPA (2015)



Figure 7a-b. Water retained at A5 (a) and A6 (b)

Figures 8a-b e 10a -b present an visual and qualitative evaluation of the vegetation in areas A5 e A6, respectively on January and March 2015. Whilst Figures 9 and 11 show charts indicating precipitation distribution as well as solar radiation at the stated months.

January showed a great amount of rain and higher solar radiation, thus providing a good environment for the vegetation on both cases. February has a lower level of precipitation,

while March had good results only at the end of the month, therefore, the grass dried on both cells although A6 showed a slightly greener grass, as shown at Figure 8.

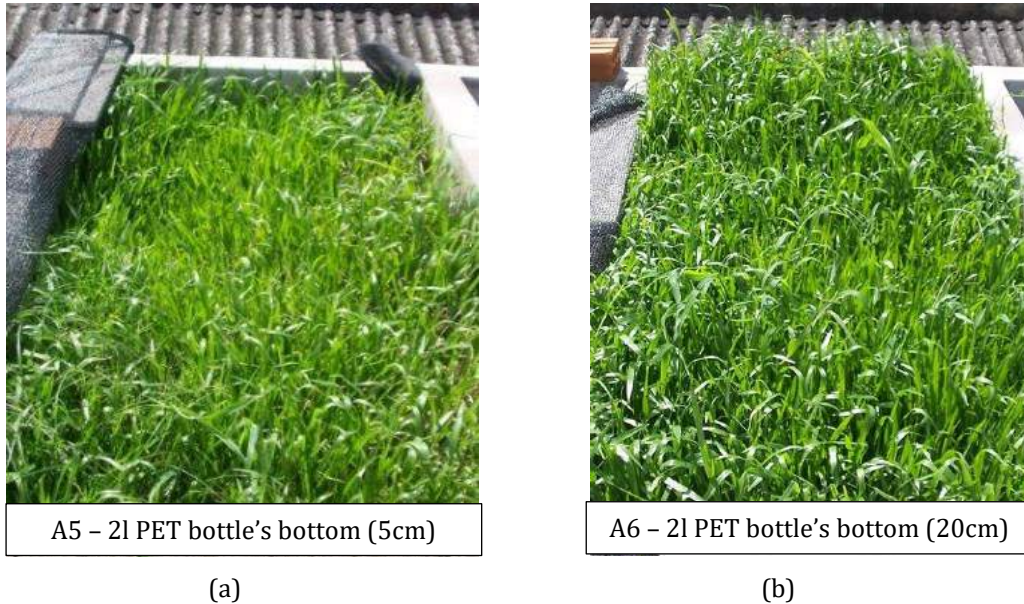


Figure 8 a-b. Coverings A5 e A6 evaluation at January/2015 –(a) A5; (b) A6

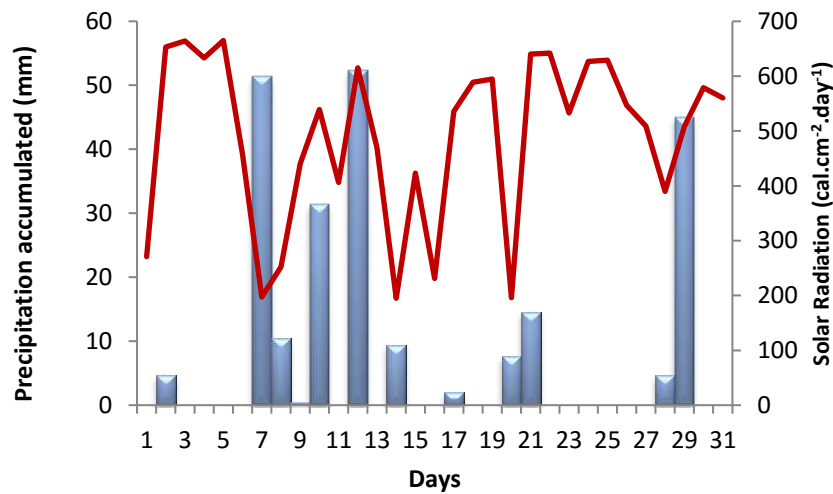


Figure 9. Distribution of rainfall and solar radiation at January/2015

Source: Adapted from EMBRAPA (2015)

The high levels of rainfall in March, helped the vegetation to recover from the wastage suffered in February, although its appearance is not equal to that submitted in January.



Figure 10 a-b. Coverings A5 e A6 evaluation at March/2015 –(a) A5; (b) A6

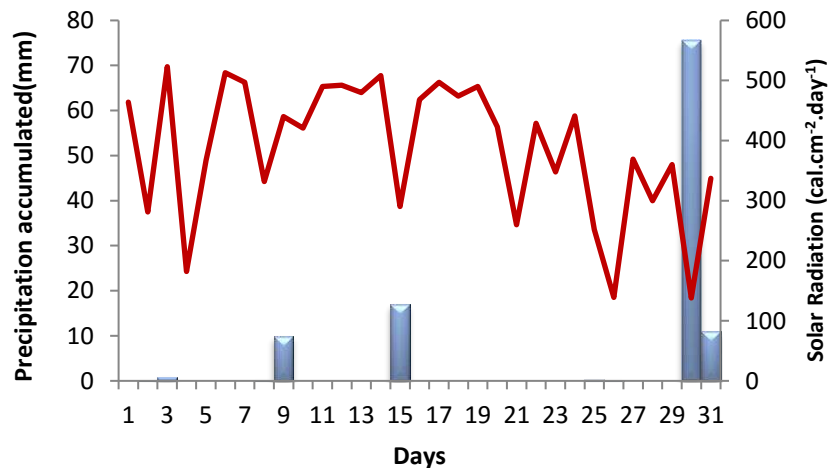


Figure 11. Distribution of rainfall and solar radiation at March/2015.

Source: Adapted from EMBRAPA (2015)

4. CONCLUSIONS

Experiment 2 showed better results for the proposed study, probably because the researched areas were installed at bigger e more isolated cells. On experiment 1, the common green area and its smaller dimensions did not show difference between them.

On experiment 2, considering the harshest period of summer, the vegetation continued present but suffered from the lack of rainfall and showed a change of colour. After monitoring the experiment it can be stated that the area A6, with storage device made with PET bottle's bottoms, presented the best results both on qualitative and visual analysis.

The studies presented indicate that the green roofs assembled with PET rainwater storage mechanisms are sustainable and durable. This study should continue on the following seasons.

ACKNOWLEDGMENTS

To Prof. Dr. Alfredo Luiz M. d'Ávila, responsible for the Engineering Centre's Soil Mechanics Laboratory at UFPel.

REFERENCES

- Araújo, S. *The functions of Green Roofs in the Urban Environment, the Management and Water Resources Planning*. Dissertation. Forestry Institute. Rural Federal University of Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2007.
- Brasil. Bills and other proposals. PL 1703 / 11. 2011 News camera. Accessed on 20 May 2016. Online. Available in: <http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=510512>
- Correa, C.B.; Gonzalez, F.J.N. *The use of green roofs in the restoration of flat roofs*. In: Research Center in Architecture and Urbanism technology -NUTAU. São Paulo: University of São Paulo, 2002.
- D'Elia, Renata. *Green Roofs. Técnica*. São Paulo: edition 148, 2009. Accessed on Sep 30, 2013. Online. Available in: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/148/artigo287671-1.aspx>
- Disndale, S.; Pearen, B.; Wilson, C. Feasibility study for green roof application on queen's university campus. Kingston: Queen's Physical Plant Services. 2006. p.58.
- EMBRAPA. Agrometeorological of Pelotas (Capão do Leão). *Agroclimatológico Newsletter*. 2015. Accessed on May 11, 2015. Online. Available in: <http://www.cpact.embrapa.br/agromet/estacao/boletim.php>.
- INGRA - International Green Roofs Association. Benefits of Green Roofs. Accessed on 16 May, 2016. Online. Available in: <http://www.igra-world.com/benefits/index.php>
- Krebs, L. F. *Extensive living roofs : analysis of the use in projects in the metropolitan area of Porto Alegre and the Serra Gaucha*. 2004. Dissertation (Masters in Civil Engineering) – PPGEC. Federal University of Rio Grande do Sul. UFRGS, Porto Alegre, 2004.
- Lopes, D. A. R. *Thermal Performance Evaluation of Green Light Covers (CVLs) Applied to Tropical Climates*. 2007. Dissertation (Master in Environmental Engineering Sciences). University of São Carlos. São Carlos, SP, 2007.
- Mendonça, Tayane Nadja Martins de. *Extensive green roof in pre cast concrete EVA (Ethyl Acetate Vinyl)*. 2015. 234 f. Dissertation (Masters in Urban and Environmental Engineering). PPGEUA. Federal University of Paraíba. João Pessoa, PB, 2015.
- Morgado, José Miguel. Green roofs. *Waterproof*. n. 78, São Paulo, fev. 1995. p. 62-76.
- Naranjo, A.; Marinoski, D. L.; Batista, J. O.; Carlo, J. C.; Abreu, A. L. P.; Ghisi, E.; Lamberts, R. *Thermal performance of buildings*. 6. ed. Florianópolis, 2011. 196 p.
- Pouey, M.T.F. *Experimental study of the thermal performance of flat roofs: vegetation and terrace*. 1998. Dissertation (Masters in Civil Engineering) – PPGEC. Federal University of Rio Grande do Sul. UFRGS, Porto Alegre, 1998.
- Recife. Municipal law of Recife - PE. *Ordinary Law 18,112 / 15, 13 January 2015*. Accessed on 20 May 2015. Online. Available in: <https://leismunicipais.com.br/a1/pe/r/recife/lei-ordinaria/2015/1812/18112/lei-ordinaria-n-18112-2015-dispoe-sobre-a-melhoria-da-qualidade-ambiental-das-edificacoes-por-meio-da-obrigatoriedade-de-instalacao-do-telhado-verde-e-construcao-de-reservatorios-de-acumulo-ou-de-retardo-do-escoamento-das-aguas-pluviais-para-rede-de-drenagem-e-da-outras-providencias>.
- Rio de Janeiro. Legislation. *Law 6349/12, November 30, 2012*. Accessed on May 20, 2015. Online. Available in: <http://gov-rj.jusbrasil.com.br/legislacao/1033548/lei-6349-12>.



The development and performance of plant species in Brazilian extensive green roofs

Adriane Cordoni Savi

Federal University of Paraná, Post Graduate in Civil Construction Engineering, Curitiba (PR), Brazil
adriane@tellus.arq.br , adriane.savi@gmail.com

Maria Isabel Seibel Reis

Federal University of Paraná, Department of Architecture and Urbanism, Curitiba (PR), Brazil
mariaisabelsreis@gmail.com

Sergio Fernando Tavares

Federal University of Paraná, Department of Architecture and Urbanism, Post Graduate in Civil Construction Engineering, Curitiba (PR), Brazil
sergio.tavares@ufpr.br, sergioft22@yahoo.com.br

ABSTRACT: The intense development of cities and the consequent reduction of its green areas results in environment imbalance. While sustainability attribute the green roof is a viable option, but not yet widespread in Brazil. This experimental research aimed to evaluate the development of plant species and their influence on the performance of extensive green roofs in the city of Curitiba - PR on five prototypes. The chosen species were: *Bulbine frutescens*, *Trandescantia zebrina*, *Zoysia tenuifolia*, *Sedum Angelina* and *Callisia repens*. The methodology consists of observation and photographic monitoring of the species, as well as analysis of storm water retention in the day after rainfalls with measurements of the volume of water retained in containers coupled to the output water drainage of each green roof's module. The analysis of the influence of plant species and their performance for green roofs, found a variation between species as the water holding capacity. Regarding the development of the species, *Trandescantia zebrina* was better adapted to the imposed conditions, followed by *Zoysia tenuifolia*. It also concludes that it's essential in Curitiba's climate the use of species that do not suffer burns, or total loss of leaves during periods of frost, which was the main problem observed.

Keywords Green roofs, Plant species, Sustainability, Curitiba, Brazil

1. INTRODUCTION

The urban areas have grown exponentially. Early in the century the urban population accounted for 15% of world population; currently represents 54%, and in Brazil, the population in urban areas exceeds 85% (UN, 2015). Thus the residual rain water cause many disorders on the routine of the big cities in Brazil and worldwide. The problems are aggravated due to the increasing growth of waterproofed areas in city centers added to the lack of proper maintenance in the system of storm sewer (Berndtsson, 2010).

If it is difficult to solve this problem at the ground level, the solution may be on the rooftops. The use of green roofs in urban coverages can significantly reduce the excess of rainwater over the surface of many cities (Baldessar, 2012). This positive effect is ensured by green roofs and arises from the phenomenon known as evapotranspiration which happens due the combination of plants and substrates that compose the green cover. By virtue of this phenomenon, the water is retained long enough to returning to the atmosphere by evaporation from the substrate and plant's transpiration (Nowak, 2004 cited by Shinzato, 2009)

On this scenario the discussion regarding the application of green roofs in urban centers to mitigate these problems is fundamental. Green roofs can reduce around 70% of the stormwater runoff (Baldessar, 2012) or up to 14mm of precipitation (Cunha and Mediondo, 2014) in cities like Curitiba and São Carlos, depending on the dry period that preceded precipitation. It also can reduce temperatures inside the buildings and through the absorption of rainwater assist in flood control in urban centers. (Andrade and Roriz, 2013). Properties like height, color, soil closing capacity and water retention capacity in roots and leaves assist in the performance of the green roof (Niachou et al., 2001).

Due to its geographical conditions; 25 degrees south latitude, 1000m altitude above sea level, 85 km distance from the sea, the climate of the city of Curitiba has very peculiar and distinctive features when compared to others regions of Brazil. With a very humid summer with good intensity of rainfall the city could be more suitable for tropical plants, although its average temperature in summer does not exceed a lot of 25 degrees. But it is in winter that are given the conditions most critical for the suitability of plants. Low temperatures, averaging 11 degrees (IBGE, 2010) in autumn and spring, generate events of usual frosts in June and July. Associated with long droughts and low rainfall this period creates a complex setting for the plants which would be used in a green roof.

Before possible natures of green roofs as intensive or extensive, will be more difficult to define the plants for extensive green roofs, which necessarily have a lower height of substrate and maintenance limited to the minimum possible. Therefore, it becomes important the study of species suitable for the composition of green roofs while observing the weather and construction conditions of the place where will be built, or rebuilt, the green coverage.

1.1 Goal

This article presents the monitoring of plant species and their conditions of adaptation in order to be used in extensive green roofs in the city of Curitiba, Paraná state capital in southern Brazil.

2. METHOD

While experimental work the species were planted in prototypes of approximately 100x75cm each. They were under visual monitoring for one year, beyond the collection procedure to the residual rain water measuring in containers individually coupled to each prototype. The results of the runoff rainwater are objects of another article.

2.1 The test tables

For the experiment a test table was built, consisting of 14 modules of 100x75cm, 8 of these modules were objects of study in this work. This table was made in solid wood structure (pillars and beams) supported on a concrete basis. The structure of the modules was done with plywood naval pinus with inclination of 2% (Figure 1). The modules were sealed with liquid rubber in the base and the sides (Figure 2).



Figure 1 - Assembly of the table tests structure Figure 2 - Waterproofing of the modules

The green roof modules are made up of the following layers, as shown in Figure 3: waterproof/root repellent membrane, drainage layer, filter membrane, growing medium and vegetation. For waterproof/root repellent membrane was used high density polyethylene mat with a thickness of 0.5 mm. The drainage was made with expanded clay (particle size 22 to 32mm) with a depth of 4 cm over this layer was placed a geotextile mat for retention of the growing medium. Immediately above the filter membrane was arranged the elements of the growing medium, consisting of: turf, vermiculite, carbonized rice husk and black soil in the proportion of 35% of land, 20% turf, 40% of carbonized rice husk and 5% vermiculite and thickness of 10cm, as Muller (2014) study indication on growing medium for green roofs. This growing medium composition also provided greater retention of rainwater, an important characteristic to aid the survival of plant species in the dry season. Farrell et al. (2012) stated that the higher the rain water retention capacity, higher is the plant survival.

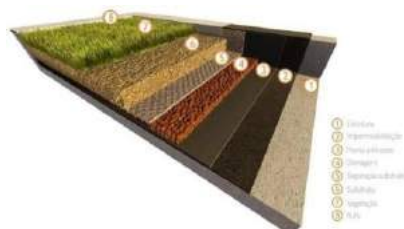


Figure 3 - Green roof system design Figure 4 - Table test

2.2 Choice of species criteria

For a full analysis of plant species, the first criterion for the choice of plant species were their morphological characteristics, size, growth, water retention capacity etc., which should differentiate between them. The selected plants have characteristics suitable to the climate of Curitiba. The first condition is that being perennial, that is, plant species whose

life cycle is lasting, allowing it to live for more than two years, more than two seasonal cycles. This feature of the plant is the key to reduce the maintenance of green roofs.

Liu et al. (2012) points out that the plants with green leaves are effective in reducing upper temperatures when compared to plants of red and purple leaves. In this way, we opted for three species of green leaves and two of purple leaf to verify this temperature change between species with different colorings.

The same authors also allege that the plants of CAM (Crassulacean Acid Metabolism) type are the most suitable for green roofs due to its ability to store acids in their leaves or aerial parts, which aids the plant resistance in dry seasons. According to INMET(2014), Curitiba is characterized by a rainy and moderately humid climate, especially in summer, with a rainfall average of 1500 mm per year, from this, it was decided to plant both the CAM type (*Bulbine frutescens* and *Sedum mexicanum*), or succulents, the C3 type (*Arachis repens*, *Tradescantia zebrina* and *Callisia repens*). The plants of CAM type close their stomata and reduce sweating during the day to conserve moisture, and open their stomata at night in order to sequester carbon in form of organic acids for being used in photosynthesis during the day. The C3 type perform photosynthesis in common form (JIM, 2014).

2.3 The vegetal species

The species chosen are described below.

The first selected plant species was *Bulbine frutescens*. According to Lorenzi (2013), *Bulbine* is an herbaceous, perennial and succulent, native to South Africa with a height of 20 to 30 cm. Characterized by long leaves, cylindrical, fleshy and waxy, it is composed of tufts with inflorescences at its center, with small yellowish flowers, which appear throughout the year. Lorenzi (2013) points out that it is a tolerant plant to cold and with little water requirement, ideal feature for green roofs in the region of Curitiba. Its multiplication is by clumps, reason why isn't very spreading. It is a full sun vegetation and likes soil rich in organic matter and well permeable.

The second selected species is the *Tradescantia zebrina*, variation *purpusii*. It is characterized also by being a succulent vegetation native to Mexico. It has dark purple color when in the full sun. Its leaves are fleshy and colorful, ranging from green to dark purple. It was chosen due to its color, and for being characterized by Lorenzi (2013) as a rustic plant that requires neither pruned nor contentions. However, it is not resistant to frost and can have their leaves burned. Due to its easy rooting, can sprout without the need of exchange of seedlings when hit by frost. Its multiplication is made by cuttings and rooted creeping branches.

The third species is not a succulent, but is a vegetation widely used in green roofs in Brazil, it was chosen to verify their adaptation to the climate of southern Brazil, since it is native of Brazil. *Arachis repens*, is characterized by being a herbaceous, perennial, with a height 20 to 30 cm, prostrate and thin branches with nodes and internodes highlighted. The leaves are small and in pairs of 2 to 3 cm in length. In the summer and spring sprout small solitary yellow flowers. It is an excellent plant to be used as ground cover in full sun, replacing lawns. It likes moist soil rich in organic matter. It is easily multiplied and tolerates drought, but not frost (Lorenzi, 2013).

The fourth selected species is the *Sedum mexicanum* it's a specie used very often in green roofs in Europe, due to its high tolerance to cold, is characterized by a yellowish green color and, despite being a succulent, is well suited to areas of mild and humid climate, resistant to sandy soils with low fertility, is indicated for the subtropics (Lorenzi, 2013). The sedum kind, in general, has as main characteristic high resistance to water stress, an important feature to reduce the maintenance of green roofs. It was chosen due to its yellowish green color, its characteristic as a succulent and for provide a dense closing of the soil, even if slowly.

Finally, the last species chosen was *Callisia repens*. It is an herbaceous and trailing plant, small, reaching only 5-25 cm high. It has a dense and ornamental foliage, formed by branched, filamentous and long stem with numerous, serous, delicate, small purplish and green-purple leaves. It is often grown as ground cover in shade. When grown in shadow their leaves are greenish and when grown in the sun have smaller leaves, more dense and purplish (Lorenzi, 2013).

Between these vegetation's there are species with suitable features for being planted in green roofs of the extensive type and at the same time different characteristics such as color, size, soil closing, structure and growth.

The planting was made on February 10th 2014. The same quantities of seedlings were placed, in order to have the same closure of the soil, and to verify the growth of plants and their ability to ground coverings. At the Figure 5 and Figure 6 it's possible to check the modules on the planting day.



Figure 5: The day of seedling planting 10/02/2014



Figure 6: The day of seedling planting 10/02/2014

3. RESULT ANALYSIS

3.1 General analysis

Prototypes were observed during one year. This was the photographic survey of the species with monthly or fortnightly photos, as Figure 7 (period from 02/10/2014 to 07/15/2014) and figure 8 (period from 07/25/2014 to 02/26/2015).

Bulbine frutescens *Tradescantia zebrina* *Arachis repens* *Sedum mexicanum* *Callisia repens*

February 10, 2014



March 07, 2014



April 17, 2014



May 26, 2014



June 11, 2014



July 15, 2014



Figure 7 - Vegetation development between the months of February and July 2014

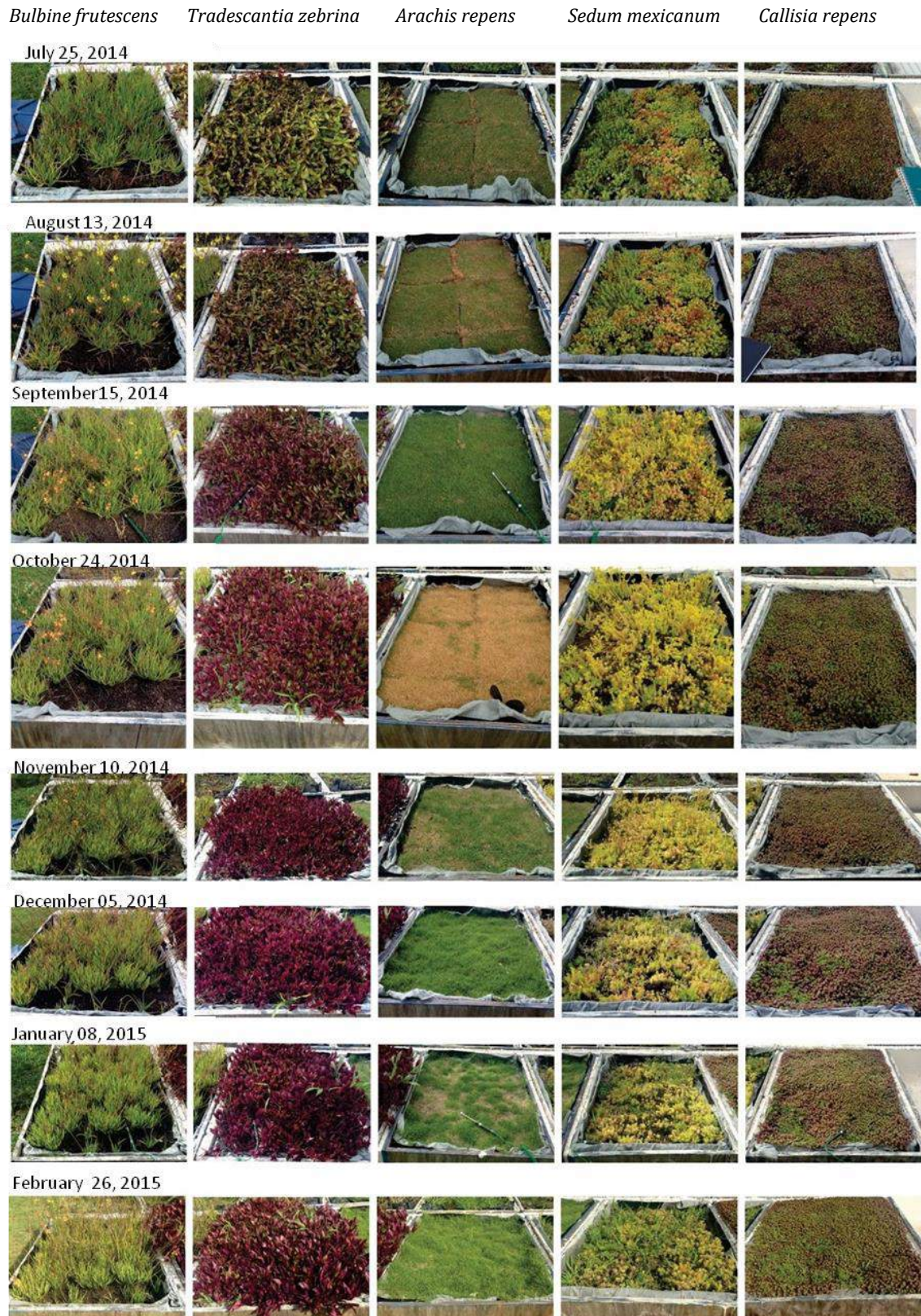


Figure 8 -Vegetation development between the months of July 2014 and February 2015

In the Figure 7 it can be analyzed the development of the plants in the months from February to July 2014. In the first month all the plants showed a certain degree of growth. The species *Tradescantia zebrina* and *Callisia repens* presented the further development

and the closing of the soil, which may be associated with its spreading characteristics. In April, all species had almost complete closure of the soil. The species *Sedum mexicanum* showed the slowest growth among the species analyzed, characteristic of the species, with complete closure of the soil only in June 2014. The plants have developed steadily until mid-May, and *Bulbine frutescens* still presented flowering in this period.

Photos taken on 05/26/2014 already show a change in the vegetation, due to the moderate frost that happened in the early hours of 05/20/2014. The *Arachis repens* species suffered the greatest impact, its leaves "burned" due to frost (Figure 7).

Frost is a process of deposition of ice crystals, usually being registered when the soil temperature is below 0 ° C and the air temperature just above that (3°C or 4°C). What happens to the plants is that their organs cannot withstand the low temperatures and die, and this may be noticeable in plants by the black color of its aerial parts, as Figure 7 on the date of 11.06.2014.

While effects of frost on *Bulbine frutescens* was observed that their flowers have died, but their leaves had little change, as well as *Sedum mexicanum* who suffered only a slight change in its color. As for, many of the leaves of *Tradescantia zebrina* and *Callisia repens* died but less intensively than in the species *Arachis repens*, which can be seen through the dark color of most of the leaves and being able to sprout.

With the burning of its leaves, *Arachis repens* failed to sprout enough to cover the ground again, making room for many weeds, as can be seen in the photos of the day 06/23 and 07/15 (Figure 7). As Curitiba has an intense winter and frost is common at this time, it was decided to replace this plant species, pointing out that it is not suitable for green roofs in the city of Curitiba, due to winter conditions.

On 07.25.2014 (Figure 8) was made the exchange of plant species, replacing it with a grassy, considering that this type of vegetation is widely used in green roofs, especially those who have the terrace function, i.e. possess movement of people.

Grasses are easily available and commonly used in landscaping in Brazil. The species chosen was the *Zoysia tenuifolia*, known as Korean or Japanese grass. According to Lorenzi (2013) it's a *rhizomatous herbaceous estolonífera*, native to Japan and Korea, a grass of full sun that has slow growth, thus reducing its maintenance. The choice of this kind before others grasses was given by its slow growth and low maintenance.

3.2 Analysis by species

The *Bulbine frutescens* maintained its size throughout the year, changing its color for more yellow or greenish tones according to the time of year. It is believed that fertilizing, heatstroke and precipitation are the main factors that influence this species.

Tradescantia zebrina due to its spreading characteristic showed a rapid and satisfactory closure of the soil, maintaining throughout the year and undergoing only in the frost period. However, growing again without the need of replacing the species. It presented the best fit to the conditions imposed, with the densest closing ground.

The *Zoysia tenuifolia* is characterized by high consumption of water and it's suggested that it be made its irrigation in the first 3 or 4 months from planting to maintaining and rooting, however the objective of this research was to observe the development of species

without irrigation, any artificial irrigation was not performed, however after the dry season it returned to present its green color.

The *Sedum mexicanum* was better adapted to the winter weather, with a more complete closure of the soil in this period. In the months with higher temperature (November 2014 to February 2015) had lost much of seedlings which made the closing of soil being considered unsatisfactory and made room for the growth of weeds (Figure 18). This feature may be associated with type (succulent) plant (CAM).

Callisia repens showed a closure of the substrate already in the first month and remained constant throughout the year. In periods with higher insolation its leaves were characterized by being in smaller number and purplish coloration, during periods of reduced sunlight the leaves were bigger and more greenish. More adapted to the shade condition, decreased leaf area when being exposed to intense sunlight, however survived all seasons.

The *Arachis repens* did not show the characteristic of regrowth after a registered frost event, it is not a recommended species for the city of Curitiba or regions where frosts are possible during the winter. Others species showed ability to sprout even after having its leaves burned by the frost, as the case of *Tradescantia zebrina* and *Callisia repens*.

3.3 Excess water and water stress

Succulent plants with CAM type photosynthesis does not require much water and as the summer months have high rainfalls, the excess of water have rotted the roots causing the death of many plants of *Sedum mexicanum*. In Curitiba and other cities which have a high precipitation rate, even if located in only one season, as is the case, the excess water may affect every type CAM plants. In these cases it's recommended using porous substrates with sand, clay or expanded vermiculite in greater quantities in its composition, so that the soil becomes less saturated and contribute to the development of species.

About the resistance to the water stress, the literature recommends the use of species that perform the CAM type photosynthesis, instead of species C3 and C4 type, due to its lower water consumption (up to 100 grams per gram of CO₂) while species of C3 type consume up to 500 grams per gram of CO₂ and C4 type 300 grams of CO₂ per gram. However, it can be seen that due to the high rainfall in Curitiba the species must be able to resist to higher rates of precipitation or so the soil should be porous when used CAM species type.

4. CONCLUSIONS

Regarding the development of species can be concluded that are essential for the Curitiba climate species which do not suffer burns, or complete loss, of their leaves during periods of frost, or, even if with damage in the plants aerial parts, have the ability to sprout after this frost event. In the specific case of Curitiba plants must have resistance to dry periods and periods of higher rainfall, both conditions, although this research points out more care for this last condition.

It also concludes that green roofs can retain a significant amount of the rain water in their system (together: the growing medium and plant) and due to the morphological characteristics of each species exist variation of retention levels.

REFERENCES

- Andrade Nixon C. de, Roriz, Maurício. Comportamento Térmico de Cobertura Verde Utilizando a Grama Brachiaria Humidicola na Cidade de São Carlos, SP. *Conforto no ambiente e na cidade (Comfort on the environment and the city)*. Vol 1, number 4. 2013
- Baldessar, Silvia M. N. *Telhado verde e sua contribuição na redução da vazão da água pluvial escoada (Green roof and its contribution to reducing the flow of drained rainwater)*. Master degree dissertation, Postgraduate Program in Civil Construction Engineering. Universidade Federal do Paraná (Federal University of Paraná), Curitiba, 2012.
- Berndtsson, J. C. Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality: A review. *Ecological Engineering*, Volume 36, Issue 4, April 2010, Pages 351–360
- Cunha, A. P., E Mendiondo, E. M. *Experimento hidrológico para aproveitamento de águas de chuva usando coberturas verdes leves - CVL) (Hydrological experiment for rainwater utilization using light green roofs - LGR)*. Available: Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo (University of São Paulo): <http://www1.eesc.usp.br/shs/downloads/technotes/emm/Ara-FAPESP-2004-Relat-final.pdf>. Access: april 15, 2014.
- Farrell, C.; Mitchell, R.E.; Szota, C.; Rayner, J.P; Williams, G. Green roofs for hot and dry climates: Interacting effects of plant water use, succulence and substrate. *Building and Environment*. 2012, 49, 270-276.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Brazilian Institute of Geography and Statistic). *Censo 2010 (Census 2010)*. Available: <<http://censo2010.ibge.gov.br/resultados>> Access: april 10, 2012.
- INMET - Instituto Nacional De Meteorologia (National Institute of Meteorology). *Dados Históricos (Historic data)*. Available: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Access: april 15, 2015.
- Jim, C. Y. Passive warming of indoor space induced by tropical green roof in winter. *Energy* , vol 68, 272-282. 2014.
- Liu, T. C.; Shyu, G. S.; Fang, W. T.; Liu, S. Y.; Cheng, B. Y. Drought tolerance and thermal effect measurements for plants suitable for extensive green roof planting in humid subtropical climates. *Energy and Buildings* , Vol. 47, 180-188. 2012.
- Lorenzi, H. *Plantas para Jardim no Brasil: Herbáceas, arbustivas e trepadeiras (Garden plants in Brazil: Herbaceous, shrubs and creepers)*. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2013.
- Niachou, A.; Papakonstantinou, K.; Santamouris, M.; Tsangrassoulis, A.; E Mihalakakou, G. Analysis of the green roof thermal properties and investigation of its energy performance. *Energy and Buildings* , Volume 33, Issue 7, 719 - 729. 2001.
- UN, United Nations - Department of Economic and Social Affairs. *Population Division*. Available: <http://esa.un.org/unpd/wup/>. Access april 15, 2015.
- Shinzato, Paulo. *O impacto das vegetações nos microclimas urbanos (The impact of vegetation in urban microclimates)*. Master degree dissertation. Universidade de São Paulo - USP (University of São Paulo). 2009.



As grandes cidades e os cemitérios urbanos: Análise comparativa do abandono dos edifícios altos nas cidades de Detroit, São Paulo e Johannesburgo

Amanda Coffi Andrade

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação, Porto Alegre (RS), Brasil

amandacoffiandrade@gmail.com

Miguel Aloysio Sattler

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação, Porto Alegre (RS), Brasil

masattler@gmail.com

Pablo Andrés Rangel Pacheco

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação, Porto Alegre (RS), Brasil

pablorangelp@gmail.com

RESUMO: Os grandes centros urbanos têm sido alvos de pesquisas ao redor do mundo, pois são peças-chave para compreendermos os conflitos sociais, o adensamento humano e organização humana e social. Dentro desta realidade observa-se a valorização da terra e a consequente expansão da verticalização. Edifícios altos que já alcançam o fim de sua vida útil estão passando pelo processo de abandono e ocupação irregular. O objetivo deste trabalho é analisar três grandes centros urbanos que atualmente passam por este processo de abandono com o intuito de identificar semelhanças e salientar as diferenças, sendo eles: Detroit (Estados Unidos da América), São Paulo (Brasil) e Johannesburgo (África do Sul). Para o desenvolvimento deste estudo foram averiguadas notícias vinculada na mídia impressa e digital, revisão de literatura e análise direta. A principal contribuição é levantar discussões sobre a desfuncionalidade de edifícios altos quando atingem o final de sua vida útil e maneiras de prevenir o abandono.

Palavras-chave *Verticalização, Abandono, Detroit, Johannesburgo, São Paulo.*

1. INTRODUÇÃO

De acordo com relatório das Nações Unidas (2014) atualmente 54% da população mundial vive em áreas urbanas e, as cidades têm sofrido um processo de inchaço, no qual muitas vezes, a própria política de uso do solo impulsiona a verticalização. São nas cidades que estão os maiores problemas da sociedade, seja a nível econômico, social ou ambiental. Muitos estudos estão sendo desenvolvidos no intuito de entender a complexidade das cidades. Uma das iniciativas está na organização *Sustainable Cities International* (2012) que propõe a análise do crescimento e o desempenho ambiental das cidades desenhando cenários futuros (*backcasting*); se destaca também a análise de Scussel e Sattler (2010) sobre o impacto negativo da verticalização na qualidade de vida de bairros residenciais e, os estudos de Salinger e Kunstler (2001) defendendo a regeneração das nossas cidades e a abolição de edifícios em altura.

Deste modo, o objetivo deste trabalho é analisar três grandes centros urbanos que atualmente passam por este processo de abandono com o intuito de compor paralelos que salientem semelhanças e diferenças, sendo eles: Detroit (Estados Unidos da América), São Paulo (Brasil) e Johannesburgo (África do Sul). Para o desenvolvimento deste estudo foram utilizadas diferentes fontes, vinculadas na mídia impressa e digital, revisão de literatura e análise direta.

Será apresentado um breve histórico de cada cidade, seguido de alguns exemplos dos edifícios abandonados nestes centros. A principal contribuição é levantar discussões sobre a desfuncionalidade dos edifícios altos quando atingem o final de sua vida útil, indicando maneiras de prevenir o abandono.

2. A VERTICALIZAÇÃO E O ABANDONO

No início do século XX, com o aumento crescente do valor da terra nos grandes centros urbanos, iniciou-se um processo de verticalização com a intenção de diminuir o valor da cota ideal do terreno. Dentro desta perspectiva o processo de industrialização e o êxodo para estas metrópoles serviram de subsídio para o crescimento da população de forma desenfreada. Assim, as cidades sentiram-se obrigadas a investirem tanto em infraestrutura como na oferta de habitação e moradia.

Não obstante toda a problemática gerada pela densificação, as potências econômicas e os grandes proprietários de terra, amparados pelo poder público, iniciaram uma disputa por demonstração de poder através da verticalização do ambiente construído. Segundo Scussel e Sattler (2010, p.139), é evidente que, *“para além dos padrões urbanísticos, o entendimento dos processos de verticalização e densificação das cidades passa por questões vinculadas às múltiplas dimensões da produção do espaço – econômica, social, política, cultural”*. Surgiram desta forma as grandes metrópoles.

Com o passar dos anos estes grandes edifícios se aproximavam do final de sua vida útil, que pode ser definida, conforme a NBR 15575 (2013), pelo período de tempo em que o edifício e seus sistemas se prestam às atividades para as quais foram projetados e construídos, com atendimento aos níveis de desempenho (comportamento em uso). Sejam pela falta de manutenção ou pelo desuso de suas atividades, alguns destes prédios

entraram em processo de abandono. Conforme Bomfim (2004), o abandono das edificações esta relacionada à “vacância imobiliária” que segundo ela é:

“o limite que se estabelece entre o término de execução do imóvel até o ponto de seu abandono, quando o custo de manutenção da edificação e a demanda não viabilizam mais os lucros estimados, e os proprietários passam a abandonar os imóveis ou a locá-los para cortiços. O limite estaria ligado às características do espaço urbano, como: deterioração do imóvel e variação de preços, nível de qualidade da região, distribuição do estoque, demanda e segregação.”

3. UMA APROXIMAÇÃO AOS EDIFÍCIOS ABANDONADOS: ESTUDOS DE CASO

3.1 A cidade abandonada – DETROIT

A cidade de Detroit, localizada no estado de Michigan, Estados Unidos, passou ao longo das últimas décadas por um dramático declínio, houve uma decadência urbana generalizada. Assim como em muitos outros lugares da América, a industrialização deixou como legado uma arquitetura abandonada e decadente. E como a cidade mais industrializada do país, Detroit é hoje um reflexo desta herança. Com uma população atual 50% menor do que na década de 1950, ela passou por uma evasão em massa, afetando o município como um todo. Com uma taxa atual de desemprego de 12,5%, Detroit perdeu muito da população das classes média e alta, que, com a falta de opções, foram buscar uma qualidade de vida melhor em outras localidades, deixando para trás a população mais pobre que não possuía recursos para manter a cidade, que se tornou o dobro do tamanho construído que precisava.

Atualmente não há demanda suficiente para sustentar a quantidade e o caráter da arquitetura local, que possui quase 181 milhões de metros quadrados de área desocupada, o que representa quase a metade do total de área construída da cidade. A cidade está encolhendo e hoje sua população é de aproximadamente 688 mil habitantes. Neste sentido, vários estudiosos, acadêmicos e moradores tem elaborado propostas para uma nova Detroit. John Gallagher, em seu livro *Reimagining Detroit: Opportunities for Redefining an American City* propõe a utilização dos lotes vagos para usos verdes, tais como paisagismo produtivo, hortas comunitárias e lagoas de retenção de água, e a alteração do zoneamento para um uso mais misto, melhorias no transporte público entre outras ideias. Dentro desta filosofia, o relatório *Detroit Future City* proporciona vislumbres de uma cidade mais verde, mais saudável e mais próspera, em mapas, gráficos, dados e imagens. Uma visão de uso para uma cidade pós-industrial, aonde, segundo Griffin, urbanista que chefiou o projeto, tornaria Detroit um modelo inovador para a vida urbana.

A seguir mostram-se dois dos mais importantes prédios que permanecem abandonados, sem nenhum projeto de renovação ou *retrofit* em andamento.

3.1.1 Michigan Central Station

Construída em 1913, a Estação Central de Michigan é um exemplo da degradação urbana de Detroit. Este exemplar é a estação ferroviária mais alta do mundo, com 70 metros de altura (Fig.1), e foi tombada como patrimônio histórico nacional em 1975. A desocupação ocorreu no ano de 1988 e desde então não houve nenhum projeto para restauração do

local. Por apresentar muitas patologias construtivas e transparecer bem uma visão apocalíptica, o local foi alugado para gravações de vários filmes, como o Transformers (2006).



Figura 1. Michigan Central Station – Fonte: Fein, 2012

3.1.2 The Book Tower

Considerado o nono prédio mais alto de Detroit, o The Book Tower (Fig.2) iniciou sua construção em 1916 e foi concluído em 1926. Com 145 metros de altura, este situado no centro comercial da cidade. Atualmente encontra-se abandonado e é de propriedade de uma grande incorporação de investimentos que vem prometendo à população um retrofit 'verde' para o edifício desde 2010, porém sem nenhuma iniciativa até o momento.



Figura 2. The Book Tower – Fonte: Fein, 2012

3.2 A SÃO PAULO esquecida

São Paulo é a cidade mais populosa do Brasil, além disso, é o principal centro financeiro e mercantil da América do Sul, agrupando a maioria dos edifícios altos do país. Os núcleos originais da cidade apresentam-se verticalizados, marcado pela presença de edifícios de serviços e comerciais, estes núcleos localizam-se, na maior parte, no centro da cidade (CIDADE DE SÃO PAULO, 2015).

Segundo Helene (2009), a região de maior sobreposição de interesses e usos dos diversos setores de desenvolvimento da sociedade brasileira encontra-se no centro de São Paulo, fazendo com que esta região diferencie-se do restante da cidade. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no censo do ano 2000 se identificou que na

cidade de São Paulo, dos mais de 3 milhões de imóveis existentes, mais de 400.000 domicílios se encontravam vazios, só no centro da cidade constatou-se 40.000 deles abandonados. Para Bonduki (2005) uma pequena parte dos prédios abandonados no centro da cidade eram edifícios residências, já que, a grande maioria dos imóveis subutilizados ou vazios pertencem a prédios nobres da cidade que prestavam seus serviços como escritórios comerciais.

Bonfim (2004) afirma que a vacância imobiliária no centro de São Paulo supera a vacância desenhada pelos modelos de equilíbrio, instituídos pela relação entre oferta e demanda. Outra afirmação é que 65% dos imóveis vazios no centro da cidade se caracterizam por ter períodos de desocupação superiores há um ano, propriedade não desmembrada, e com um único proprietário para cada edificação o que facilita o abandono. Como mencionado anteriormente, a maioria dos imóveis abandonados pertence a famílias abastadas da sociedade, os quais preferem ter os seus imóveis fechados antes de se desfazer deles por valores mais baixos de aquisição ou inferiores ao que custariam essas construções em seu estado atual.

Desde agosto de 2014, quando foi sancionado o Plano Diretor Estratégico (PDE) da cidade de São Paulo, que determina que imóveis abandonados, ociosos ou subutilizados passem a pagar imposto progressivo, os proprietários de prédios nesta situação passaram a ser notificados para apresentarem projetos de reuso, restauro e/ou retrofit. Muito destes imóveis estão em áreas propensas às Zonas Especiais de Interesse Social (Zeis) e alguns deles já estão em processo de desapropriação pelo governo municipal ou já são de propriedade deste para serem destinados à habitação popular.

A seguir mostram-se alguns prédios abandonados estudados no trabalho intitulado “Edifícios Abandonados” da autora Mariana Desidério Barbosa feito no ano 2011. Mencionará um pouco sobre a história do prédio e da razão do seu abandono.

3.2.1 Edifício Prestes Maia 911

Com 22 andares, o Edifício Prestes Maia (Fig.3), localizado na avenida com seu nome, no numeral 911, é um dos edifícios abandonados mais conhecidos da cidade de São Paulo. Faz 18 anos que o prédio não apresenta atividade legal alguma desde sua aquisição por Jorge Nacle Hamuche e seu sócio Eduardo Amorim, em um leilão. Na madrugada de 2 de novembro de 2002, o Prestes Maia foi ocupado pelas famílias organizadas do MSTC (Movimento Sem Teto do Centro). O Edifício nessa época tinha uma dívida de mais de R\$ 2,5 milhões com o Imposto Predial Territorial Urbano (IPTU) na Prefeitura, sendo desta forma desvantajosa para os proprietários à recuperação do prédio.

Na época que foi feito o estudo da Desidério Barbosa (2011), a prefeitura de São Paulo decretou o local como zona de interesse social e iniciou um projeto para a renovação urbana do setor conhecido popularmente como Cracolândia, chamado a “Nova Luz”, mas, no ano 2013 o prefeito Fernando Haddad decidiu cancelar o projeto por motivos de inviabilidade econômica já que os custos necessários para viabilizar o projeto poderiam chegar a R\$ 2 bilhões (PROJETO NOVA LUZ, 2015). Portanto, após da decisão do prefeito Haddad, a promessa da valorização da região chegou parcialmente a seu fim e o Prestes Maia 911 de tentar ser um grande prédio de escritórios por parte de seu dono Jorge

Hamuche também, sendo o edifício considerado a maior ocupação vertical da América Latina.



Figura 3. Edifício Prestes Maia 911, em São Paulo. Fonte: Desidério Barbosa, 2011

3.2.2 Edifício São João 601

Um edifício inacabado de 21 andares (Fig.4), localizado no número 501 da Avenida São João, no bairro República, área central de São Paulo, que inicialmente foi construído para abrigar o Aquarius Hotel. Durante a construção, na década de 70, morreu o pai de sete irmãos proprietários do lugar e a família acabou abandonando o negócio. Após este fato, houve um impasse entre os herdeiros e o lugar acabou inacabado e abandonado.



Figura 4. Edifício São João 601, em São Paulo. Fonte: Desidério Barbosa, 2011

3.3 JOHANESBURGO e a herança do Apartheid

Johanesburgo é a maior e mais populosa cidade da África do Sul, também é o principal núcleo urbano, cultural, comercial e industrial do país. Além de ser a mais rica do citado país é também a quarta maior economia do continente Africano. É considerado o principal centro econômico e financeiro da África do Sul e, está entre as quarenta áreas metropolitanas maiores do mundo e é uma das únicas três cidades africanas denominadas oficialmente como “cidade global”, as outras duas são Cairo e a cidade do Cabo. Erroneamente, Johanesburgo é confundida como a capital da África do Sul, mesmo este país contando com três cidades capitais oficiais, Johanesburgo não faz parte de nenhuma delas (CIDADE DE JOANESBURGO, 2015).

Um das áreas mais densas de Johanesburgo fica na região sudoeste da cidade, chamada Soweto, com uma população de mais de 1.2 milhão de habitantes em uma região de 200km² (SOWETO CENSUS, 2011), esta região ficou conhecida na época do Apartheid. Em 1994, após do fim deste regime, a cidade de Johanesburgo foi afetada pela decadência urbana. Milhares de pessoas pobres, em sua maioria negras, que antes eram proibidas pelo regime de morar na cidade propriamente dita, se mudaram dos bairros periféricos, como

Soweto, para o centro da cidade. Os níveis de criminalidade aumentaram em áreas anteriormente estabelecidas para as pessoas brancas, por tal razão, muitos edifícios foram abandonados pelos proprietários brancos. Uma das regiões desocupadas foi Hillbrow, a qual é uma das áreas mais densas do centro da cidade de Johannesburgo. As empresas e organizações que antes residiam neste lugar se mudaram para subúrbios abastados, como Sandton. Por causa destas mudanças, no final da década de 1990, a cidade foi reconhecida como uma das mais perigosas do mundo.

Em 1999 o Conselho Municipal aprovou um programa proposto para recuperação dos *Bad Buildings* (Edifícios Ruins) e outras construções que estavam com dívida com a cidade. A ideia por trás do programa era fornecer um mecanismo para lidar com edifícios que foram classificados como "ruins" por uma variedade de razões. Estes edifícios, inclusive os que foram abandonados por seus donos, encontravam-se em um estado deplorável, foram invadidos por criminosos e sem-tetos, estavam superlotados, violavam vários estatutos e legislações, eram o foco de atividades criminosas, entre outros problemas. Como muitos proprietários possuíam dívidas altíssimas com o município, o programa iria adquirir os edifícios e vendê-los para um investidor de boa fé a um preço que fosse equivalente à dívida, quando esta não ultrapassava o valor de mercado do bem. Quando da implantação foram identificados 122 edifícios. Na teoria o programa era excelente, porém, na prática, o processo foi burocrático e demorado, chegando a levar 2 anos para concluir um julgamento.

3.3.1 Shakespeare House

Inaugurado em 1938, o Shakespeare House é um edifício Art Decô, construído no auge da proeminente cidade de Johannesburgo, ao grande estilo dos escritórios de Manhattan, no centro da cidade mais rica da África do Sul. Passadas quase oito décadas, o prédio de 11 andares encontra-se hoje abandonado. Na figura 5 é possível verificar a intervenção artística do grupo autointitulado "*Beware of Colour*", que em julho de 2014 invadiram vários prédios abandonados no centro histórico da cidade e derramaram tinta cor de rosa nos vãos do que um dia foram as janelas.



Figura 5. Shakespeare House. Fonte: Brown, 2015b

3.3.2 Edifícios em Hillbrow

Com a sua origem no ano de 1895, Hillbrow já era uma das áreas mais densamente habitadas de todo o continente Africano aos meados da década de 1940. A região foi uma área de grandes instituições, como empresas, organizações financeiras até bolsas de valores.

Na década de 40 quando do início do regime Apartheid, nesta região moravam apenas pessoas brancas e abastadas. Porém o mau planejamento, não pôde evitar que a região crescesse a passos agigantados, além disso, a falta de manutenção da sua infraestrutura fez com que o bairro entrasse em decadência. Após, na década de 1980 os moradores de classe média ao ver o declínio da região crescer, decidiram abandonar o bairro. Por fim, 10 anos mais tarde no ano de 1991, a decadência dos prédios fazia de Hillbrow um grande assentamento urbano governado pela insegurança e delinquência (Sparragus, 2014).

Os prédios mais elegantes e luxuosos do país viraram em edifícios sem portas, invadidos e com lixo em seus primeiros andares. Cinco milhões de pessoas moram em um quilometro quadrado, a grande maioria pessoas pobres, estrangeiros ilegais e que moram na total marginalidade. Dois dos prédios desocupados mais emblemáticos da região de Hillbrow são a Torre Hillbrow de telecomunicações e a Ponte *City Apartments* (Figura 6).

A Torre Hillbrow de telecomunicações foi terminada no ano de 1971 tem uma altura de 270 metros, e é uns dos símbolos emblemáticos da cidade de Johannesburgo. Originalmente contou com um restaurante giratório de luxo, mas em 1981 foi fechado por razões de segurança e o mais provável é que nunca seja reaberto ao público (TORRE HILLBROW, 2015).

City Apartments é os dos arranha-céus mais altos de Hillbrow e da cidade de Johannesburgo. Foi finalizado em 1975 com uma altura de 173 metros e 54 andares. Uma das características do prédio é que foi construído de forma cilíndrica e com seu núcleo aberto que permite a entrada de luz aos apartamentos internos. Desde sua abertura o prédio foi uns dos mais desejados pela sociedade abastada de Johannesburgo, mas, como a decadência urbana do centro da cidade tornou a região insegura, os proprietários iniciaram o abandono. Após o fim do Apartheid, muitas quadrilhas invadiram o prédio, converteram o emblemático Ponte *City Apartments* num símbolo de delinquência e deterioração urbana (PONTE CITY APARTMENTS, 2015). Hoje este prédio é considerado a favela mais alta do mundo e abriga vários projetos sociais.

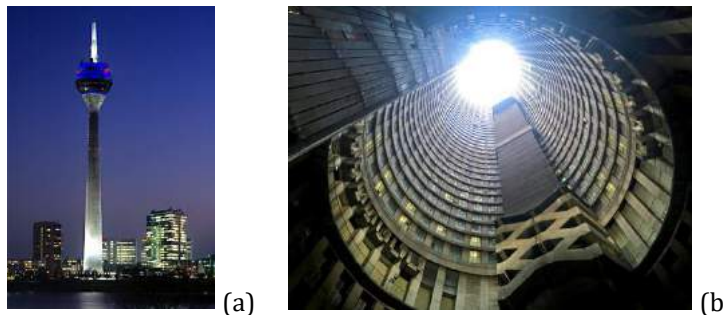


Figura 6. Edifícios em Hillbrow, em Joanesburgo: (a) Torre Hillbrow. Fonte: Sparragus, 2014; (b) Ponte City Apartments. Fonte: Brown, 2015a

4. CONCLUSÕES

Após observar as três cidades foi possível constatar que o fim da vida útil (ou de serviço) das edificações altas está intrinsecamente relacionado com o abandono das mesmas. Sattler (2014) reforça que o esgotamento da vida útil de edifícios altos aliados à diminuição da capacidade de investimentos em manutenção e dificuldades inerentes ao processo de demolição, aumenta o número de edifícios altos disfuncionais abandonados.

Outro fator determinante para o abandono é as altas dívidas de impostos e taxas, bem como a desvalorização imobiliária, que acaba por desestimular os proprietários a investir em reformas e manutenção.

Abaixo destaca-se um quadro comparativo dos principais motivos do abandono e quais foram até esta data as políticas públicas tomadas por parte do Estado.

Tabela 1. Quadro Comparativo

	Detroit (USA)	São Paulo (BR)	Joanesburgo (África Sul)
MOTIVO DO ABANDONO	<ul style="list-style-type: none"> - Crise Industrial - Redução Empregos - Crise Imobiliária - Evasão populacional 	<ul style="list-style-type: none"> - Fim da Vida Útil - Dívida de IPTU 	<ul style="list-style-type: none"> - Fim do Apartheid - Evasão classe média e alta - Dívida Municipal - Aumento da criminalidade
SOLUÇÕES EM DESENVOLVIMENTO	<ul style="list-style-type: none"> - Propostas de Planejamento Urbano - Engajamento da população - Uso do solo misto 	<ul style="list-style-type: none"> - Novo PDE - Aumento progressivo IPTU - Desapropriação - Obrigação de projeto de Reuso 	<ul style="list-style-type: none"> - Programa <i>Bad Buildings</i> sem sucesso

No caso de Detroit pode-se verificar a existência de um planejamento urbano complexo (*Detroit Future City*) que permanece em desenvolvimento e tem um engajamento muito grande da sociedade civil, e defende o uso misto do solo, crescimento econômico, sistemas de transporte público e de melhoria da mobilidade urbana, retrofit de edifícios abandonados para fins sociais, bem como, trazer a consciência um senso de comunidade, principalmente no que tange a produção de alimento (paisagismo produtivo e horta comunitária). O projeto é para longo prazo (50 anos), mas aos poucos está iniciando sua implantação.

Na cidade de São Paulo a prefeitura estabeleceu o prazo de um ano para os proprietários de edifícios abandonados que foram notificados a apresentarem um projeto (seja de reuso, retrofit ou renovação). Contudo as desapropriações efetuadas pelo município até o momento mostram-se como uma ferramenta eficaz de reabilitação urbana.

Já em Joanesburgo constatou-se que houve uma tentativa em 1999 por parte do poder público, porém não teve sucesso. Hoje existem tentativas por parte da iniciativa privada e do terceiro setor para combater a violência através de projetos sociais, inclusive um que acontece dentro do edifício *Ponte City Apartments* (Smith, 2015), que acabou virando um ponto turístico como a favela mais alta e grandiosa do mundo.

Levando em conta estas informações, Sattler (2014) igualmente afirma que o gradativo esgotamento de recursos energéticos fósseis tornará crítica a mobilidade de seus moradores e o transporte vertical de materiais pesados; adicionado a diminuição na saudabilidade de vida, principalmente para crianças e idosos, depõe contra esta opção de edificação quando destinada a moradias.

Por fim, sugere-se um estudo aprofundado sobre as políticas públicas e o envolvimento do Estado na intervenção de prédios em situação de abandono. Desta forma, entende-se que será possível subsidiar novas decisões e iniciativas para amenizar o impacto da verticalização nos grandes centros urbanos juntamente à intensificação de práticas de previsões do tipo *backcasting*, de forma a contribuir ao planejamento de áreas urbanas para a criação do futuro que efetivamente desejamos.

REFERENCIAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2013. NBR 15575: Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT.
- Bomfim, V. C. 2004. Os espaços edificados vazios na área central de São Paulo e a dinâmica urbana. Dissertação de mestrado. São Paulo: Epusp.
- Bonduki, Nabil. 2005. São Paulo na virada do século XXI: a luta contra a exclusão nas áreas centrais. Brasília: Ministério das Cidades.
- Brown, Ryan Lenora. 2015a. South Africa's Tower of Dreams. New York: Slate. Disponível em: http://www.slate.com/articles/news_and_politics/roads/2015/02/ponte_city_in_south_africa_africa_s_tallest_apartment_building_was_built.html. Acesso em: maio, 2015.
- Brown, Ryan Lenora. 2015b. How Johannesburg's Most Neglected Buildings Ended Up Splashed With Pink Paint. Disponível em: <http://www.citylab.com/design/2015/01/how-johannesburgs-most-neglected-buildings-ended-up-splashed-with-pink-paint/384173/>. Acesso em: maio, 2015.
- Cidade de Johannesburgo. 2015. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Joanesburgo> - Acesso em: Maio. 2015.
- Cidade de São Paulo. 2015. Disponível em: [http://pt.wikipedia.org/wiki/S%C3%A3o_Paulo_\(cidade\)](http://pt.wikipedia.org/wiki/S%C3%A3o_Paulo_(cidade)) - Acesso em: Maio. 2015.
- Desidério Barbosa, Mariana. 2011. Edifícios Abandonados. São Paulo: USP. Disponível em: <http://www.edificiosabandonados.com.br/> - Acesso em: Abril. 2015.
- Fein, Zach. 2012. Abandoned Skyscrapers. Detroit: ZFein. Disponível em: <http://zfein.com/photography/detroit/skyscrapers/>. Acesso em: maio, 2015.
- Gallagher, J. 2010. Reimagining Detroit: Opportunities for Redefining an American City. Detroit: Painted Turtle.
- Helene, Diana. 2009. A guerra dos lugares nas ocupações de edifícios abandonados do centro São Paulo. Dissertação (Mestrado - Área de Concentração: Planejamento Urbano e Regional). São Paulo: FAU-USP.
- Detroit Future City Report. 2014. Disponível em : http://detroitfuturecity.com/wp-content/uploads/2014/02/DFC_2014YearEndReport.pdf. Acesso em: maio, 2015.
- IBGE. 2000. Censo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/censo/> - Acesso em: Maio. 2015.
- Ponte City Apartments. 2015. Disponível em: http://en.wikipedia.org/wiki/Ponte_City_Apartments - Acesso em: Abril. 2015.
- Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD). Relatório do desenvolvimento humano. 2014. Brasília: Nações Unidas. Disponível em: <http://www.pnud.org.br/arquivos/RDH2014pt.pdf>. Acesso em: Maio. 2004
- Projeto Nova Luz. 2015. Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Projeto_Nova_Luz - Acesso em: Abril. 2015.
- Salingeros, N.; Kunstler, J. H. 2001. The end of tall buildings. Disponível em: <http://www.planetizen.com/node/27>>. Acesso em: maio, 2015.
- Sattler, Miguel. 2014. Edifícios altos : devemos continuar a explorar este modelo de edificações?. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 15, Anais... Maceió: Antac, p. 1 - 10.
- Scussel, M. C. B.; Sattler, M. A. 2010. Cidades em (trans)formação: impacto da verticalização e densificação na qualidade do espaço residencial. Porto Alegre: Revista Ambiente Construído, v. 10, n. 3, p. 137-150.
- Smith, David. 2015. Johannesburg's Ponte City: 'the tallest and grandest urban slum in the world' – a history of cities in 50 buildings, day 33. Londres: The Guardian. Disponível em: <https://www.theguardian.com/cities/2015/may/11/johannesburgs-ponte-city-the-tallest-and-grandest-urban-slum-in-the-world-a-history-of-cities-in-50-buildings-day-33>. Acesso: maio, 2015.
- Soweto Census. 2011. Disponível em: <http://census2011.adrianfrith.com/place/798026> - Acesso em: Maio. 2015.
- Sparragus, J. 2014. Hillbrow, el barrio mas peligroso de Johannesburgo. Buenos Aires: Por Tierra Por Tierra. Disponível em: <http://portieraporlatierra.blogspot.com.br/2014/10/hillbrow-el-barrio-mas-peligroso-de.html> - Acesso em: Abril. 2015.
- Sustainable Cities International. 2012. Infrastructure Costs and Urban Growth Management: A practical guide to understanding the impact of urban growth patterns on a city's infrastructure costs. Vancouver: SCI.
- Torre de Hillbrow. 2015. Disponível em: http://es.wikipedia.org/wiki/Torre_de_Hillbrow - Acesso em: Abril. 2015.



O impacto do tráfego viário em sítios históricos urbanos: Avaliação em Santa Leopoldina - ES

Angélica Maria Fonseca Dornelas

Federal University of Espírito Santo, Mestranda, Vitória (ES), Brazil

angelicadornelas@hotmail.com

Renata Hermanny de Almeida

Federal University of Espírito Santo, Professora Associada, Vitória (ES), Brazil

renatahermanny@gmail.com

ABSTRACT: A destinação de uso das vias de circulação se modifica ao longo do tempo com a modernização dos sistemas de transporte automotivos, os quais, por sua vez, podem por em risco a integridade física de edifício localizado junto a via de fluxo viário por meio de poluição, choques e vibração. Os danos ocasionados por vibração são caracterizados por fissuração e podem comprometer a estrutura do edifício. O artigo apresenta investigação relativa ao Sítio Histórico de Santa Leopoldina, localizado em região centro-serrana, interior do estado do Espírito Santo. Tem por objetivo compreender o tecido urbano de inserção dos objetos em análise, as possíveis origens dos danos, e os processos de deterioração por meio de fissuração. Em conjunto, a pesquisa se realiza por meio de abordagem histórica, conceitual e empírica, de âmbito qualitativo e quantitativo com objetivo de avaliar o fluxo viário.

Keywords *Tráfego viário. Vibração. Sítio Histórico..*

1. TRÁFEGO VIÁRIO E VIBRAÇÃO EM SÍTIOS HISTÓRICOS URBANOS

As cartas patrimoniais estabelecem normas, conceitos, procedimentos e técnicas relativas à preservação e proteção do patrimônio histórico e cultural, fornecendo referência à atuação de instituições e profissionais da área. Resultante de encontros realizados em diferentes cidades, a partir de 1931, a análise cronológica das cartas patrimoniais permite compreender a evolução do pensamento preservacionista à época em que são elaboradas. Consideradas documentos de caráter indicativo ou no máximo prescritivo constituem base metodológica para profissões envolvidas na preservação (Kühl, 2012: 287).

A problemática dos danos causados por tráfego viário em edifícios históricos é um tema relevante para a área de conservação e restauro sendo abordado por Cartas Patrimoniais, com destaque para a Carta de Atenas (1933), a Recomendação de Nairóbi (1976), a Carta de Machu Picchu (1977), e a Carta de Washington (1986). A abordagem conceitual sobre o planejamento e crescimento urbano, transporte e tráfego viário em centros históricos, permite compreensão da evolução de questões de conservação.

A Carta de Atenas (1933), em uma das observações, discorre sobre a circulação em vias urbanas. Identifica o início do processo de desenvolvimento da rede viária, em cidades originadas com plano determinado pelo traçado de uma muralha, e em cidades que as vias têm sua origem no encontro de rotas comerciais e são relacionadas à topografia da região. Essas vias, produzidas para o trânsito de pessoas e animais, apresentam dimensões insuficientes que impossibilitam conciliar os tipos de locomoção e velocidades. “As antigas vias principais, impostas desde o início da cidade pela topografia e pela geografia, e que formam o tronco da inumerável ramificação de ruas, conservaram quase sempre um tráfego intenso” (Cury, 2004: 47-48).

Um dos temas abordados pela Recomendação de Nairóbi (1976) é gravidade dos danos produzidos pelos avanços tecnológicos, como poluição, choques e vibrações. Frente a isso, reconhecendo o conflito existente entre os conjuntos históricos e o tráfego aliado à densidade urbana, estabelece medidas de proteção aos conjuntos históricos, e sugere o incentivo do trânsito de pedestres e do transporte público (Cury, 2004).

A Carta de Machu Picchu (1977), ao defender o transporte público como “elemento básico no processo do planejamento urbano”, aponta como solução “a subordinação do transporte individual ao transporte coletivo de massa” (Cury, 2004: 239).

Por sua vez a Carta de Washington (1986) destaca o comprometimento de valores próprios às cidades e centros históricos quando ameaçados pela degradação proveniente da urbanização iniciada na era industrial. Frente a esse quadro, apresenta o conflito gerado pela circulação de veículos, e propõe sua regulamentação, por meio da restrição ao traçado rodoviário e do deslocamento do trânsito para as imediações de áreas históricas. Ainda relaciona a degradação do patrimônio à poluição e às vibrações geradas pelo tráfego de automóveis (Cury, 2004).

A partir da análise das cartas, percebe-se o desenvolvimento da abrangência teórica sobre tráfego viário em sítios históricos na abordagem de aspectos ligados à atualidade. A Carta de Atenas identifica o princípio de desenvolvimento da rede viária, o crescimento das cidades e a ascensão do uso de veículos mecânicos. A segunda e a terceira cartas abordam a urbanização acelerada das cidades associando-a aos avanços tecnológicos e propõem o

uso de transporte público como uma das soluções. A Carta de Washington aponta solução mais radical quando comparada às anteriores, por observar o agravamento da degradação decorrente de fatores externos, como a circulação de veículos, correlacionando-a à diferentes patologias.

No que concerne à problemática dos danos causados por tráfego viário em edifício histórico, é possível destacar a vibração mecânica provocada pelos automóveis, transmitida pelo solo e atuante sobre edifícios localizados nas proximidades de fluxos viários; expressa em tensões oscilantes que podem ocasionar danos, comprometendo a integridade física de estruturas (Resende 2011).

Com relação à vibração gerada por automóveis, Henwood (2002) identifica fatores que contribuem na vibração em edifícios: condição da estrada, velocidade, peso e suspensão do veículo, condições do solo, característica da construção, estação do ano e distância entre a estrutura e a via, sendo mais significativas as vibrações geradas por veículos pesados. Além disso, ressalta irregularidade de vias, buracos, rachaduras e pavimentação irregular, condições criadas pela interação mecânica entre o veículo e a via, e resultante em ondas de vibração que percorrem o solo e chegam à edificação. As variações sazonais, o teor de umidade e o tipo do solo também podem influenciar no nível de vibração (Henwood, 2002).

Resende (2011) destaca a vibração provocada pelo trânsito de veículos, tendo em vista que as fundações tendem a seguir o movimento do terreno, e que, por força de inércia, o edifício desloca-se. Dependendo da intensidade da vibração pode haver, como consequência, o comprometimento da integridade física dos edifícios, que pode ocorrer por desagregação de materiais e recalque diferencial nas fundações, com formação de fissuras.

No que se refere aos critérios para análise de vibração, o estudo aponta a inexistência de norma brasileira dedicada à determinação de limites de tolerância em estruturas. A norma de referência é a ISO 4866:2010, que estabelece princípios para avaliação dos efeitos da vibração em estruturas. Essa indica a identificação e descrição da fonte de vibração, levando em consideração: a duração da exposição, a variação de amplitude e tempo, e os sinais de vibração. Considera ainda como fatores para análise de vibração o tipo e condição da estrutura, frequência natural, dimensão da estrutura e condições do solo. Os danos decorrentes da vibração são agrupados em três categorias: cosmético, para danos superficiais; menor, para grandes fissurações e desagregação de material; e maior, para danos em elementos estruturais. E para a fonte de vibração decorrente do tráfego rodoviário e ferroviário, com fluxo contínuo ou transitório, a norma define valores de referência para frequência de 1 a 100 Hz, amplitude de 1 a 200 mm, velocidade de partícula de 0,2 a 50 mm/s e aceleração de partícula de 0,02 a 1 m/s².

2. ÁREA DE ESTUDO

Localizada na região centro serrana, no interior do estado do Espírito Santo, Santa Leopoldina possui diversidade arquitetônica, destacando-se os casarões e sobrados constituintes de um belo e importante acervo da arquitetura do estado. O seu núcleo urbano é um dos primeiros do Espírito Santo a se instalar em terras não costeiras, desenvolvido às margens do rio Santa Maria da Vitória. O escoamento da produção e

comercialização da região polarizada pelo núcleo urbano se faz, então, por tropas até o ponto em que o rio deixava de ser encachoeirado iniciando o transporte fluvial por cerca de 60 km até a capital (Figura 1). No local de reunião entre os modais, forma-se o povoado que, em 1867, torna-se oficialmente sede da colônia. As tropas chegam ao porto, trazendo a produção dos municípios próximos e alguns locais de Minas Gerais, e retornam transportando mercadorias (Queiroz, 2013).

Conforme Espírito Santo (1917), o governo do Presidente do Estado Bernardino Monteiro (1916-1920) inicia obras de reparo, melhoramento e construção de estradas, ressaltando a importância do melhoramento do escoamento da produção e atender ao comércio, usando como estratégia a abertura de estradas Santa Leopoldina e regiões de sua influência, de onde segue por via fluvial até o porto de Vitória. Tal condição se consolida com a estrada até Santa Teresa (Figura 2), caracterizada por importante via de comunicação, resulta no aumento significativo da renda bruta (Espírito Santo, 1919).



Figura 1 - Canoeiros no Rio Santa Maria da Vitória transportando mercadorias
Fonte: Arquivo Público do Espírito Santo.



Figura 2 - Início da construção da estrada ligando Santa Leopoldina a Santa Teresa - 1917
Fonte: Família Vervloet.

Com a ampliação do sistema rodoviário interiorano, ligando Afonso Cláudio, Itaguaçu e Colatina (Figura 3), e a conclusão da Ponte Florentino Ávidos, em 1928, o transporte passa conectar diretamente núcleos urbanos interiores ao Porto de Vitória. Por sua vez, o tráfego fluvial se reduz, até seu quase desaparecimento, afetando diretamente a economia de Santa Leopoldina (Queiroz, 2013).



Figura 3 Mapa divisão municípios
Fonte: Adaptado de Instituto Jones dos Santos Neves, 2016

A área de estudo compreende o trecho urbano da Rodovia ES-080 Rodovia José Sette, dentro da cidade de Santa Leopoldina, onde se localiza o Sítio Histórico e a maior parte dos edifícios tombados. A rodovia é utilizada como rota para escoamento da produção agrícola das cidades vizinhas como Santa Maria de Jetibá, de economia ligada à agricultura e maior abastecedora de produtos da Centrais de Abastecimento do Espírito Santo – CEASA/ES, localizada em Cariacica, na Região Metropolitana de Vitória. A figura 4 identifica as principais rodovias estaduais e federais da região, onde é possível observar a Rodovia ES-080 que liga as cidades de Santa Maria de Jetibá, Santa Leopoldina e Cariacica.



Figura 4 Mapa rodoviário

Fonte: Adaptado de Espírito Santo (Estado), 2013.

A região central da cidade, onde estão localizadas 38 edificações tombadas (Figura 5) pelo Conselho Estadual de Cultura pela Resolução CEC nº 05/83; protegidas pela Lei nº 2.947 de 16/12/1974, recebe a proteção de suas características urbanas. O recorte da pesquisa tem como objeto a Área de Proteção Ambiental e Cultural - APAC, definida pela Resolução CEC nº003/2010, a qual regulamenta área de preservação urbana e paisagística.



Figura 5 - Localização (azul) dos imóveis tombados na Área de Proteção Ambiental Cultural - APAC no Sítio Histórico de Santa Leopoldina

Fonte: Adaptado de Queiroz, 2013

No que se refere à avaliação do fluxo de veículos, utiliza-se como princípio de classificação o tipo de veículo, o peso médio e o horário em que os caminhões retornam de suas atividades diárias, passando pelo objeto de estudo (Coelho, 2010). Em leitura preliminar da quantidade de fluxo e tipo de veículos que transitam pelo Sítio Histórico, realizada no dia 24 de março de 2016, no período entre 16h:30 min e 18h:30min (Tabela 1), realiza-se o seguinte levantamento:

Tabela 1 Levantamento do fluxo viário no Sítio Histórico de Santa Leopoldina, dia 24 de março de 2016, no período entre 16h:30 min e 18h:30min

Fluxo viário no Sítio Histórico de Santa Leopoldina (16h:30 e 18h:30min - 24/03/16)	
Tipo de veículo	Quantidade
Total	754
Caminhão bitrem (peso bruto: até 57 t)	01
Caminhão cavalo mecânico - carreta de dois eixos (peso bruto: até 33 t)	00
Caminhão cavalo mecânico - carreta de três eixos (peso bruto: até 41,5 t)	01
Caminhão cavalo mecânico trucado - carreta de três eixos (peso bruto: até 45 t)	01
Caminhão cavalo mecânico trucado - sem carretas	02
Caminhão pesado - Truck (capacidade: 10 a 14 t, peso bruto: até 23 t)	15
Caminhão semi-pesado - Toco (capacidade: até 06 t, peso bruto: até 16 t)	60
Camionete e camioneta	42
Carro passeio	377
Micro-ônibus e van	09
Moto	227
Ônibus	12
Trator	02
Veículo de carga urbano (capacidade: 3 t)	05

Outros dados relevantes para compreensão do impacto do fluxo viário na cidade são identificados junto ao Departamento Nacional de Trânsito - Denatran e ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. O primeiro disponibiliza relatórios mensais da frota por município com identificação da quantidade de veículos por tipo. Comparando os dados referentes aos meses de fevereiro de 2015 e de 2016 respectivamente 6.034 veículos e 6.361 veículos (Tabela 2), identifica-se um crescimento de aproximadamente 5,42% na frota total de Santa Leopoldina. Já segundo o IBGE, a cidade possui 12.885 habitantes, em 2015, o que corresponde à aproximadamente 02 veículos por habitante.

Tabela 2 Frota de veículos de fevereiro de 2015 e fevereiro de 2016 de Santa Leopoldina - ES

Tipo de veículo	Quantidade por ano	
	02/2015	02/2016
Total	6034	6361
Automóvel	2068	2224
Caminhão	472	491
Caminhão trator	14	14
Caminhonete	560	589
Camioneta	118	120
Ciclomotor	5	5
Micro-ônibus	42	45
Motocicleta	2481	2577
Motoneta	182	198
Ônibus	34	35
Reboque	27	31
Semirreboque	16	15
Trator- rodas	6	6
Triciclo	0	1
Utilitário	9	10

Fonte: Departamento Nacional de Trânsito - Denatran.

Ressalta-se, no Sítio Histórico de Santa Leopoldina o tráfego viário flutuante é maior do que a do município, por ser composto por veículos de cidades vizinhas e se caracterizar como importante rota intermunicipal; e observa-se o aumento significativo da frota também nas cidades vizinhas. Por exemplo, na cidade de Santa Maria de Jetibá, há um aumento de 27.600 veículos em fevereiro de 2015, para 29.242 em fevereiro de 2016, com acréscimo de 5,95% na frota total.

Em algumas cidades, verificam-se alternativas de mobilidade associadas ao reconhecimento do tráfego como um dos maiores agentes de deterioração. O controle de acesso de veículos aos sítios históricos pode ser implantado por diversas formas, como utilizando rodízio por placas; restrição pela taxa de ocupação, onde o acesso é permitido para veículos com mais de um ocupante; restrição de trânsito de veículos pesados ou autorização para carga e descarga em horário comercial; criação de faixas exclusivas para pedestres e corredores de ônibus; pedágio urbano, com permissão de acesso com pagamento taxa; e estacionamentos rotativos. No Brasil, Penedo, estado de Alagoas, adota a restrição de veículos pesados no centro histórico, com implantação de micro-ônibus (Silva, 2011). Em outro exemplo de restrição, adotado no Sítio Histórico de São Luiz do Paraitinga, estado de São Paulo, definida no plano diretor (2010), o sistema de transporte é estruturado, diretrizes são definidas como a proibição de circulação de veículos acima de dois eixos ou mais de quatro toneladas, implantação de estacionamento rotativo, e bolsões de estacionamento fora do Centro Histórico.

3. A DEGRADAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DECORRENTE DO TRÁFEGO VIÁRIO EM SANTA LEOPOLDINA

De acordo com Olivari (2003), a maioria dos problemas patológicos é visível e, pelas suas características, em geral, permitem determinar a origem dos mesmos. Thomaz (1989) afirma que, dentre os inúmeros problemas patológicos que afetam o edifício, sejam eles residenciais, comerciais ou institucionais, particularmente importante é o problema das fissuras, devido a três aspectos fundamentais: o aviso de um eventual estado perigoso para a estrutura, o comprometimento do desempenho da obra em serviço (estanqueidade à água, durabilidade, isolamento acústica, etc.), e o constrangimento psicológico que a fissuração do edifício exerce sobre seus usuários.

Considerando a condição de conservação e o nível da degradação dos edifícios históricos, constata-se a ocorrência de danos decorrentes da vibração classificados como cosmético, com ocorrência de danos superficiais; e menor, com ocorrência de grandes fissurações e desagregação de material, classificados de acordo com a norma ISO 4866:2010. Entretanto, o aumento do tráfego na região e irregularidades na pista, ocasionados principalmente por veículos pesados, conseqüentemente, aumentam o nível de vibração, podendo causar maior dano às estruturas de edificações que não estejam em boas condições de conservação.

O intenso tráfego viário diário de veículos de grande porte (Figuras 6 e 7) possibilita o surgimento e evolução de danos às edificações históricas, através da poluição e da vibração mecânica. Os danos ocasionados por vibração são caracterizados por fissuração que podem comprometer a estrutura do edifício.



Figura 6 - Tráfego viário no Sítio Histórico de Santa Leopoldina
Fonte: Acervo das autoras, 22 março 2016



Figura 7 - Veículo de grande porte no Sítio Histórico de Santa Leopoldina
Fonte: Acervo das autoras, 22 março 2016

Para análise dos efeitos e níveis de vibração mecânica, são selecionados, a partir da observação de Henwood (2002), três edifícios escolhidos a partir do critério de representatividade de valor histórico e artístico, situados em pontos distintos do Sítio Histórico (Figura 8) no quesito velocidade dos veículos, com características de construção originais e diversidade quanto ao número de pavimentos e implantação no terreno, e manifestações patológicas visíveis (Figura 9), em especial, fissuras, que podem estar associadas à vibrações mecânicas geradas tráfego viário. Com a intenção de dar continuidade à pesquisa de Florenzano (2016), dois dos três edifícios analisados, são abordados na continuação da pesquisa.

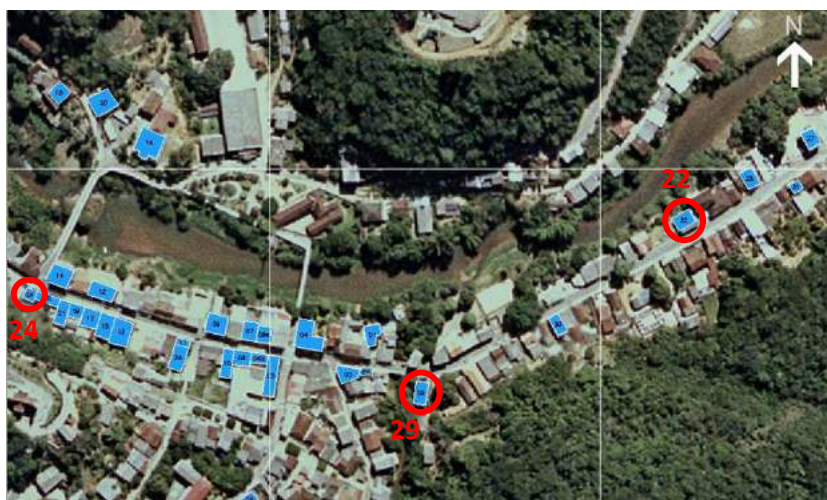


Figura 8 - Identificação das edificações a serem analisadas no Sítio Histórico de Santa Leopoldina
Fonte: Adaptado de Queiroz, 2013

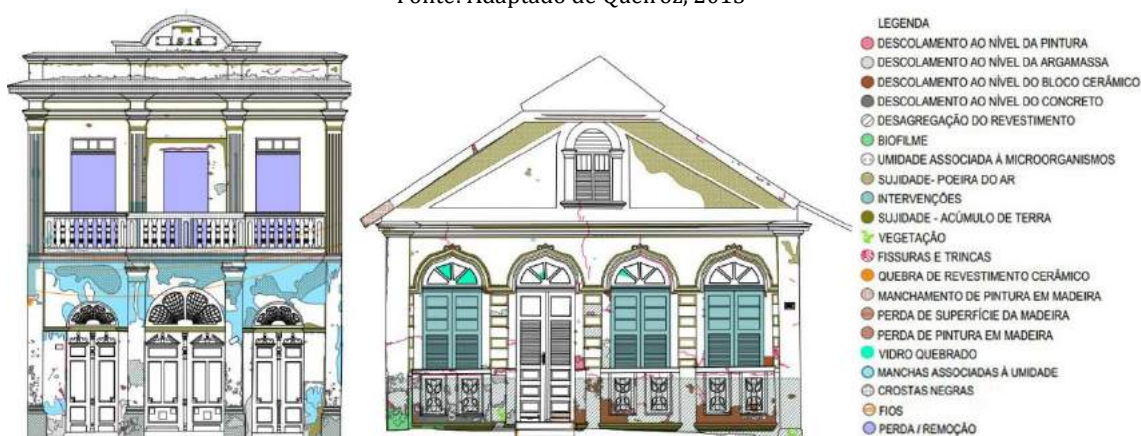


Figura 9 - Identificação das manifestações patológicas nos edifícios 24 e 29 respectivamente
Fonte: Adaptado de Florenzano, 2016

Com a finalidade de avaliar e monitorar a vibração, serão realizadas medições utilizando o Coletor e Analisador de Vibrações NK 840 - Teknikao, com dois acelerômetros NK 30 e comunicação USB para computador. A leitura das ondas será realizada através de software, que registra ondas, forma gráficos dos níveis de vibração em RMS e Valor de Pico. Os acelerômetros deverão ser posicionados em pontos baixos, na principal parede externa que suporta a carga do piso térreo, os como sugere a Norma ISO 4866:2010. A medição deverá auxiliar o entendimento das manifestações patológicas ocasionadas por vibração mecânica, na correlação as condições geotécnicas e os níveis de vibração, e na identificação dos procedimentos para elaboração de diretrizes para salvaguarda dos edifícios históricos.

Entretanto, desde já, pode-se afirmar que o volume de danos causados pela utilização de veículos nos monumentos da cidade tende a crescer na mesma proporção do crescimento da frota, pois, em geral, situações em que o patrimônio se encontra preservado podem ser consideradas reflexo da dinâmica social da cidade (Resende, 2011).

4. CONCLUSÃO

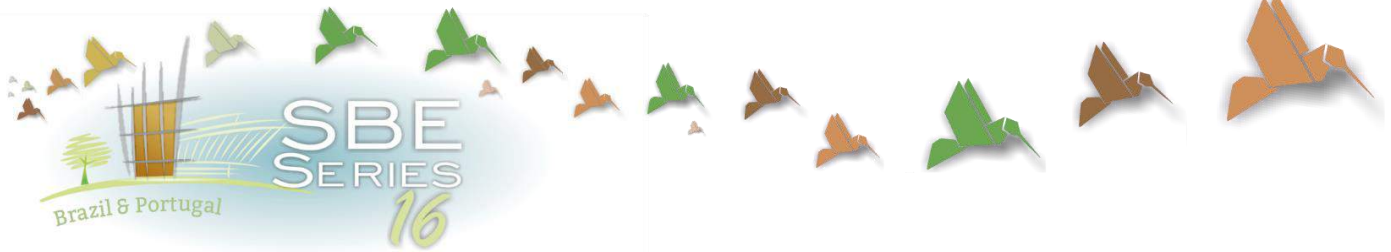
Concluindo, aponta-se a importância da diminuição do tráfego viário, como a forma mais adequada para o enfrentamento da salvaguarda dos edifícios, preservando o sistema construtivo original, sem a necessidade de reforço estrutural devido às vibrações.

O trabalho sugere continuidade nas pesquisas e avaliação do tráfego, além de complementação com o uso de acelerômetros para a medição dos níveis de vibração gerados por veículos nos edifícios do Sítio Histórico de Santa Leopoldina. A avaliação deverá observar a origem do tráfego, estabelecer os locais mais afetados com a vibração, a relação entre vibração e fissuração, e estabelecer parâmetros para a redução da circulação de veículos, principalmente de maior peso. Outra proposta de estudo é a análise do comportamento do sistema construtivo, a fim de estabelecer índices limites de resistência para cada sistema encontrado.

REFERÊNCIAS

- Arquivo Público do Espírito Santo. Imigrantes Disponível em: <http://www.ape.es.gov.br/imigrantes/html/caminho_imigrante.html>. Acesso em 21 março 2016.
- Attux, Denise. Et al. 2008. Fundinho: um bairro histórico para Uberlândia. Inventário e diretrizes especiais de uso e ocupação do solo. Forum Patrimônio. Belo Horizonte, v 2, n 1, jan./abr.
- Coelho, Leandro Callegari. 2010. Tipos de caminhões (tamanhos e capacidades). Disponível: <<http://www.logisticadescomplicada.com/tipos-de-caminhoes-tamanhos-e-capacidades>> Acesso em: 10 de março de 2016.
- CURY, Isabelle. 2008. Cartas Patrimoniais. 3ª Edição - revisada e aumentada. Rio de Janeiro: IPHAN. Departamento Nacional de Trânsito. Estatística. Frota. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/frota.htm>>. Acesso em 16 março 2016.
- Espírito Santo (Estado). 1917. Mensagem dirigida pelo Presidente do Estado do Espírito Santo, Dr. Berna Dino de Souza Monteiro, Ao Congresso Legislativo, em sua 2ª Sessão Ordinária da 9ª Legislatura. Vitória - Espírito Santo. Disponível em <http://www.ape.es.gov.br/pdf/Mensagem/1917_set_13_Bernadino_Souza_Monteiro.pdf>. Acesso em 21 março 2016.
- Espírito Santo (Estado). 1919. Mensagem dirigida pelo Presidente de Estado do Espírito Santo, Dr. Bernardino de Souza Monteiro, ao Congresso Legislativo, em sua 1ª Sessão Ordinária da 10ª Legislatura. Vitória - Espírito Santo. Disponível em <http://www.ape.es.gov.br/pdf/Mensagem/1919_out_12_Bernadino_Souza_Monteiro.pdf>. Acesso em 21 março 2016.

- Espírito Santo (Estado). 1974. Secretaria do Interior e Assuntos da Justiça. Lei nº 2.947.
- Espírito Santo (Estado). 1983. Secretaria de Estado da Cultura. Resolução nº 05/83. 30 de julho de 1983. Conselho Estadual de Cultura. Vitória.
- Espírito Santo (Estado). 2010. Secretaria de Estado da Cultura. Resolução nº 003/2010. 26 de março de 2010. Conselho Estadual de Cultura. Vitória.
- Espírito Santo (Estado). 2013. Mapa do Sistema Rodoviário do Espírito Santo. Formato PDF. Mapa do Sistema Viário do Espírito Santo. Departamento de Estradas de Rodagem, Vitória. Disponível em: <http://www.der.es.gov.br/download/Mapa_Rodoviario_2013.pdf>. Acesso em: 22 março 2016
- Família Vervloet. Disponível em : <<http://www.familiavervloet.com.br>>. Acesso 28 de maio de 2016.
- Florenzano, Luciana da Silva. 2016. Conservação de tijolo cerâmico em alvenarias históricas: subsídios para restauração do Sítio histórico de Santa Leopoldina – ES. Dissertação Mestrado. Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal do Espírito Santo.
- Henwood, Justin T. Haramy, Khamis Y. 2002. Vibrations induced by construction traffic: a historic case study. Geophysics 2002. The 2nd Annual Conference on the Application of Geophysical and NDT Methodologies to Transportation Facilities and Infrastructure. Los Angeles, California.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Banco de dados. Cidades. Espírito Santo. Santa Leopoldina. Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/F6E>>. Acesso em 16 de março de 2016.
- Instituto Jones dos Santos Neves. 2016. Limites e Regionalizações - Divisão Político Administrativa do Espírito Santo. Disponível em: <<http://www.ijns.es.gov.br/mapas>>. Acesso: 05 de agosto de 2016.
- International Standard. ISO 4866:2010. Mechanical vibration and shock - Vibration of fixed structures - Guidelines for the measurement of vibrations and evaluation of their effects on structures. 2 ed. 2010.
- Kühl, Beatriz Mugayar. 2010. Notas sobre a Carta de Veneza. São Paulo. N. Sér. v.18. n.2. p. 287-320.
- Olivari, Giorgio. Patologia em Edificações. 2003. Trabalho de conclusão de curso, Curso de Engenharia Civil com ênfase Ambiental, Universidade Anhembi Morumbi. São Paulo.
- Queiroz, Rodrigo Zotelli. 2013. Uso de ferramentas computacionais para análise de modificações na ambiência urbana de sítio histórico tombado: ensaio em Santa Leopoldina – ES. Dissertação Mestrado. Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo. Centro de Artes. Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória.
- Resende, Luiz Mauro de. 2011. Análise do risco de danos por vibração mecânica nos monumentos setecentistas do Caminho do Tronco de Ouro Preto. Dissertação Mestrado. Programa de Pós Graduação em Engenharia de Materiais da Rede Temática em Engenharia de Materiais - REDEMAT. Universidade Federal de Ouro Preto.
- São Luiz Do Paraitinga (cidade). 2010. Lei complementar nº. 1.347, de 07 de janeiro de 2010. Plano Diretor Participativo. Prefeitura Municipal da Estância Turística de São Luiz do Paraitinga, SP.
- Silva, Jaqueline. Lórá, Renata. 2011. Mobilidade em núcleos urbanos preservados: uma questão de planejamento. Urbi Centros. II Seminário Internacional – URBICENTROS. Maceió.
- Thomaz, Ercio. 1989. Trincas em Edifícios: causas, prevenção e recuperação. São Paulo: Editora Pini: IPT: EPUSP, 1989. Plano Diretor Participativo.



Benefícios da captação de água pluvial para a gestão urbana de recursos hídricos

Livia Tavares Cosentino

Federal University of Juiz de Fora, Department of Civil Engineering, Juiz de Fora(MG), Brazil
ltcosentino@hotmail.com

Marcos Martins Borges

Federal University of Juiz de Fora, Department of Civil Engineering, Juiz de Fora(MG), Brazil
marcos.borges@engenharia.uff.br

RESUMO: Este artigo tem como principal proposta abordar a gestão dos recursos hídricos em diversas cidades brasileiras, apontando críticas positivas e negativas, além de considerar sua estreita relação com a sustentabilidade ambiental das cidades. Visto isso, pretende-se apontar como a captação de água pluvial para fins de uso residencial pode auxiliar nesta gestão urbana. Uma vez que cada moradia recupera parte da água pluvial depositada em seus telhados ou solo, órgãos públicos economizam tanto no tratamento de água potável para abastecimento quanto na gestão das galerias de água pluvial, além do fato de que cheias podem se tornar menos frequentes na cidade, causando menos transtornos à população. A metodologia utilizada neste artigo foi a revisão bibliográfica de artigos relacionados ao tema, assim como pesquisas em órgãos públicos que possam confirmar a hipótese dos benefícios do aproveitamento de água pluvial para a gestão urbana dos recursos hídricos. Existe a hipótese de que a gestão urbana se torna muito mais eficiente quando amparada por conceitos da sustentabilidade aplicados à cidade. A partir da prática de comportamentos que auxiliam a sustentabilidade do planeta, é possível diminuir drasticamente impactos em áreas urbanas.

Palavras chave *Gestão urbana; Água pluvial; Recursos Hídricos.*

1. INTRODUÇÃO

A sustentabilidade, principalmente ambiental, é um tema recorrente na atualidade e desperta discussões em diversas áreas. Um dos elementos de significativa contribuição pela busca da sustentabilidade na construção civil é o aproveitamento de águas pluviais. Entretanto, visões críticas sobre os benefícios da captação da água pluvial em residências para o meio urbano ainda são mal desenvolvidas, contando com poucas ações de incentivo pelos órgãos públicos.

Através de pesquisas e associações de literaturas, procura-se mostrar os incentivos já estabelecidos para tal prática e estimular órgãos públicos a investir em pequenos sistemas a fim de diminuir custos diretos e de retrabalho na gestão de recursos hídricos. Segundo Tundisi (2006), a crise da água, muito além da escassez ou da contaminação, é fruto da má gestão dos recursos hídricos, que pode ser resolvida integrando conhecimento científico adquirido e o gerenciamento.

De acordo com Foster (2003), a procura pelas últimas tecnologias do mercado devem estar aliadas à busca pela inspiração em processos construtivos esquecidos, como o uso da ventilação e luz naturais em projetos, tal afirmação nos revela que a construção sustentável não requer tantas tecnologias e o bom gerenciamento dos recursos ofertados é o essencial tanto nas edificações quanto no conjunto urbano.

Devido o alto número de edificações concentradas nas cidades e o baixa metragem de área permeável nos centros urbanos, surge cada vez mais problemas com inundações, delimitando até mesmo áreas de risco. A fim de evitar o possível super dimensionamento das galerias pluviais, ações mais simples podem ser desenvolvidas, como por exemplo, o incentivo à captação de água pluvial em residências para seu uso tanto em fins não potáveis como para fins potáveis após tratamento adequados.

Nos centros urbanos, a demanda de água vem aumentando devido ao crescimento populacional forte e desordenado, impondo a necessidade de programas a fim de mitigar este impacto, como conscientizações acerca da conservação, aproveitamento e reaproveitamento de água (May, 2004). Lima et al. (2011) enquadram o aproveitamento da água pluvial precipitada nas residências do meio urbano como uma alternativa de substituição da fonte hídrica de acordo com os programas de conservação da água, sendo assim um fator importante a ser considerado em premissas de órgãos públicos.

A sustentabilidade como base de incentivos de órgãos públicos para a gestão urbana deve ser explorada visando a melhor qualidade de vida nas cidades, assim como diversos autores citados acima desenvolvem o tema.

1.1 Objetivos

O objetivo deste trabalho é apresentar as possibilidades que o aproveitamento de água pluvial oferece ao meio urbano. Visto que o volume de água pluvial que é retido pelas residências deixa de ocupar as galerias pluviais urbanas, os benefícios se multiplicam para além da sustentabilidade ambiental da edificação.

Busca-se avaliar o real benefício da utilização da água pluvial para fins de uso potável e não potável em residências, tanto na esfera da sustentabilidade ambiental como econômica, visando as políticas públicas e sistemas de gestão urbana.

1.2 Metodologia

A metodologia utilizada se baseia na revisão bibliográfica de literaturas com foco nos temas de aproveitamento de água pluvial e gestão urbana de recursos hídricos, de forma a criar uma ligação entre os temas e desenvolver ideias que auxiliam o poder público em tomadas de decisões.

2. SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL E POTENCIAL DE ECONOMIA DE ÁGUA POTÁVEL

2.1 Sistemas de aproveitamento de água pluvial

De acordo com a Câmara da indústria da construção (2008), a construção sustentável possui seis macrotemas a se considerar na concepção de um empreendimento, dentre eles a gestão da água e efluentes. Visto isso, deve-se observar: se há falta d'água ou enchentes na região, problemas de erosão decorrentes das chuvas ou carência de saneamento ou abastecimento na região.

Os sistemas de aproveitamento pluvial são compostos de elementos simples que integram os sub-sistemas de captação, filtragem e armazenamento. A captação pode ser feita em telhados, lajes e pisos, enquanto que o armazenamento pode combinar ou não reservatórios internos e externos ou mesmo subterrâneos. Já a filtragem varia de acordo com a finalidade de uso da água, podendo ser apenas para a retirada de sólidos grandes ou possuir processos químicos visando à qualidade para uso como água potável.

De acordo com o Quadro 1, é possível ver que apesar de algumas desvantagens, aplicar um sistema de aproveitamento de água pluvial tem mais pontos positivos para os usuários e para a cidade como um todo.

Quadro 1. Vantagens e desvantagens do aproveitamento de água pluvial

Vantagens	Desvantagens
Conveniência (o suprimento ocorre no ponto de consumo)	Suprimento é limitado (depende da frequência de chuvas e da área da superfície de captação)
Fácil manutenção	Custo inicial alto
Baixos custos de operação e manutenção Qualidade relativamente boa (captada no telhado)	Qualidade da água vulnerável
Baixo impacto ambiental	Possível rejeição cultural
As tecnologias disponíveis são flexíveis	
Construção simples	
Serve além de fonte de água, como uma medida não estrutural para drenagem urbana.	

Fonte: Adaptado de Gould et al. (1999 apud Silva; Domingos, 2007)

Além dos sistemas de aproveitamento de água pluvial, é necessário desenvolver um Plano de Uso Racional da Água (PURA), que consiste num plano que segue o ciclo de vida do empreendimento, reforçando a ideia de que para a gestão eficiente de empreendimentos, os recursos hídricos também devem ser pensados desde o início.

2.2 Potencial de economia de água potável

O uso da água pluvial permite forte potencial de economia de água potável, ou seja, aquela fornecida pelas concessionárias locais, dependendo dos índices pluviométricos da região assim como da área de captação existente no local e a demanda requerida pelos usuários. Entretanto, de acordo com Lima et al. (2011), em países como Austrália, Alemanha, Estados Unidos e Japão, que possuem sistemas há anos, a economia chega a ser superior a 30%.

Lima *et al.* (2011), em pesquisa na região amazônica do Brasil, revelam que o potencial de economia variou entre 21% e 100%, alcançando um potencial médio de 76%. É necessário lembrar que tal região tem alto índice pluviométrico, porém isto não descarta o fato de que um sistema de aproveitamento de água pluvial gera economia de água potável e assim colabora para a preservação dos recursos hídricos locais.

Em contrapartida, Ghisi et al. (2006), em uma análise em 62 cidades brasileiras prevê um potencial estimado entre 23% e 100%, índice muito próximo ao encontrado somente na região amazônica. Em Florianópolis foi observado um potencial médio de economia de 27% em junho e 73% em fevereiro.

Antes de identificar o potencial de economia de água potável em residências é preciso identificar o consumo de água, que depende tanto de aspectos socioeconômicos como das características da edificação (Barroso, 2010). Divide-se o consumo da água em uso interno, que normalmente varia proporcionalmente de acordo com o número de habitantes, sendo no Brasil adotado o valor de 150litros/dia/habitante, e uso externo, que

consiste em irrigação de jardins, cuidados com piscina e lavagem de automóveis e varia de acordo com a tipologia da edificação.

Segundo Ghisi *et al.* (2006), a metodologia para o cálculo do potencial de economia de água potável no aproveitamento de água pluvial em uma cidade consiste primeiramente em definir:

- Número de pessoas atendidas pelo serviço de abastecimento de água;
- Número de pessoas por domicílio;
- Número de domicílios abastecidos pelo serviço de água;
- Área total de telhados na cidade; e
- Volume de chuva.

A partir da definição das características da área, o potencial de economia de água potável se dá pela equação 1 abaixo:

$$PPWS = 100 \cdot \frac{VR}{PWR} \quad (1)$$

Onde PPWS = potencial de economia de água potável na cidade (%); VR = volume mensal de chuva que poderia ser coletado na cidade (m³/mês); e PWR = consumo de água potável mensal na cidade (m³/mês). (GHISI *et al.*, 2006)

É necessário lembrar que não é recomendada a utilização apenas da água pluvial como fornecimento, pois o risco de falta d'água em períodos secos é grandes. Sendo assim, é recomendado o uso misto de fornecimento de água em residências, porém prezando sempre pelos uso dos reservatórios de água pluvial e pelo reaproveitamento de águas ao invés do uso da água potável.

3. GESTÃO URBANA DE RECURSOS HÍDRICOS

A gestão urbana dos recursos hídricos é de grande importância para o bem estar social, econômico e ambiental da cidade, pois riscos associados à inundações, cheias e secas são eminentes e desastres desse tipo no Brasil ainda são recorrentes em diversas épocas do ano.

Considerando os recursos hídricos, a água pluvial faz parte do ciclo de forma ativa, definindo níveis dos rios e períodos de baixas, o que justifica a preocupação necessária dos órgãos públicos com a gestão e a drenagem urbana, uma vez que a mesma está relacionada com a disponibilidade hídrica da região.

De acordo com Baptista, Nascimento e Barraud (2005) *apud* Lima *et al.* (2011), as medidas de drenagem urbana devem agrupar a implantação de reservatórios e micro reservatórios de retenção e aproveitamento de água pluvial, além de subsídios para produtos de aproveitamento de água pluvial. Lima *et al.* (2011) ainda afirmam que a falha na drenagem de água pluviais preocupam a administração pública por mostrar efeitos imediatos e visíveis.

No Brasil, algumas cidades já mostram iniciativas positivas neste âmbito. Em São Paulo, a Lei nº13.276 de 2002 regulamenta a obrigatoriedade de construção de reservatório de água em pisos ou coberturas de edificações a partir de 500m² de área impermeabilizada,

sendo que somente após uma hora de chuva a água pode ser levada à rede de galerias pluviais.

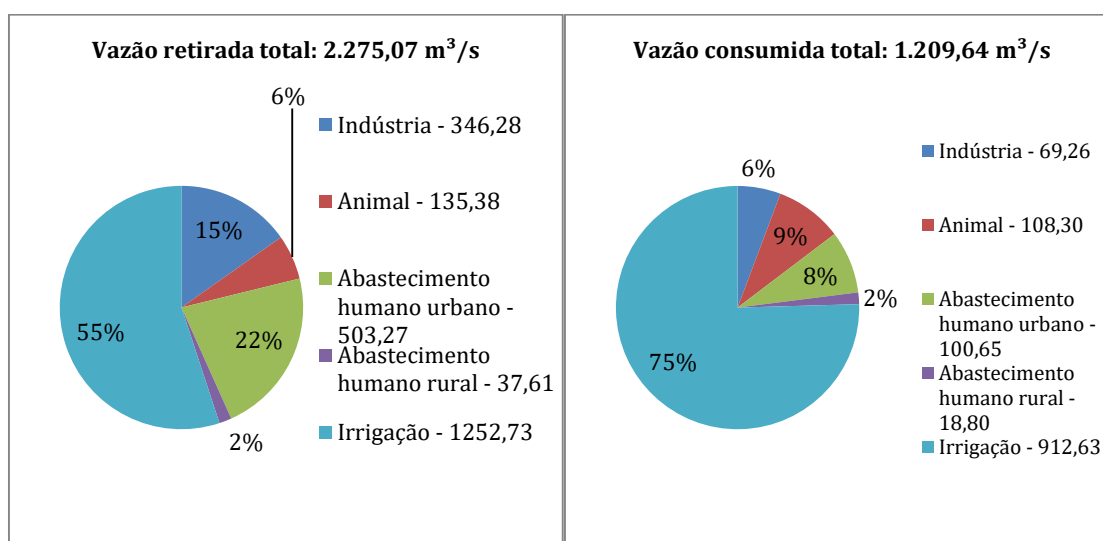
Na cidade do Rio de Janeiro, há uma lei similar aplicada desde 2007 e válida para empreendimentos que comportam mais de 50 famílias ou empreendimentos comerciais com mais de 50m² de área construída.

Em Curitiba, o decreto municipal 293/06 desde 2006 só fornece o alvará de construção para edificações que preveem um sistema de aproveitamento de água pluvial.

Segundo Batista (2001) *apud* Barroso (2010), parte significativa dos recursos hídricos captados estão associados à ineficiência de uso e a perdas, assim o autor afirma ser um componente com altos custos para a sociedade e sem benefícios, justificando a necessidade de aproveitamento de água pluvial. Como a água é um fator determinante no desenvolvimento socioeconômico de um país, a gestão deste recurso deve ser vista como estratégia de estruturação urbana, visando garantir a máxima eficiência do uso da água (Barroso, 2010).

Com a diminuição do volume de água no sistema de drenagem urbana, ocasionando menos problemas de cheias e inundações, e a queda nos custos das estações de tratamento de água, devido à menor demanda por água potável nas cidades, a implantação de áreas pontuais de captação de água pluvial proporciona oportunidades para a administração pública. A economia gerada nos custos permite investimento da administração pública em outras áreas, como saúde e educação, além de investimentos maiores na busca pela sustentabilidade.

Segundo o informe de conjuntura dos recursos hídricos no Brasil em 2015, desenvolvido pela Agência Nacional das Águas (ANA), a retirada de água para abastecimento humano urbano corresponde à 22% da vazão total, porém apenas 8% é consumida nesta categoria (Gráficos 01 e 02). Dessa forma, percebemos que a maior perda está no setor de abastecimento humano urbano, o que justifica maiores investimentos do setor a fim de reduzir as perdas.



Gráficos 01 e 02. Demanda consuntiva total (estimada e consumida, respectivamente) no Brasil (m³/s). Fonte: Adaptado de ANA, 2015

4. CONCLUSÕES

Conclui-se que mesmo com a existência de programas de incentivo ao uso de sistemas de aproveitamento de água pluvial, ou até leis que obriguem a população de determinado local ao uso, tais práticas não devem ser isoladas, prevendo o envolvimento da sociedade com um todo, a fim de eliminar desperdícios e gerar qualidade de vida.

A principal contribuição deste trabalho visa à justificativa para o investimento de órgãos públicos no aproveitamento de água pluvial em residências. Além de incentivar a sustentabilidade na sociedade, tal investimento contribui para a gestão dos recursos hídricos e demonstra preocupação do governo com a população e as próximas gerações, criando cidadãos satisfeitos e assim melhorando a qualidade de vida.

REFERÊNCIAS

- Ana, Agência Nacional de Águas (Brasil). 2015. Conjuntura dos recursos hídricos: Informe 2015. Brasília.
- Barroso, L.P.M. 2010. Construção Sustentável – Soluções comparativas para o uso eficiente da água nos edifícios de habitação. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil, especialidade de Reabilitação de Edifícios). Lisboa: Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia.
- Câmara da Indústria da Construção. 2008. *Guia de Sustentabilidade na Construção*. Belo Horizonte: FIEMG.
- Foster, N. 2013. *Architecture and Sustainability*. Foster+Partners. Disponível em: "<http://www.fosterandpartners.com/media/546486/essay13.pdf>". Acesso em 08/11/2015.
- Ghisi, E.; Montibeller, A.; Schmidt, R.W. 2006. Potential for potable water savings by using rainwater: an analysis over 62 cities in southern Brazil: *Building and Environment*, v. 41, n. 2, p. 204-210.
- Lima, J. A. et al. 2011. *Potencial da economia de água potável pelo uso de água pluvial: análise de 40 cidades da Amazônia*. Eng. Sanit. Ambient. [online]. vol.16, n.3, pp. 291-298. ISSN 1413-4152.
- May, S. 2004. Estudo da Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva para Consumo Não Potável em Edificações. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Construção Civil). São Paulo: *Escola Politécnica da Universidade de São Paulo*. 189p.
- Silva, V.N.; Domingos, P. 2007. Captação e manejo de água de chuva. *Saúde & Ambiente em Revista*, v. 2, n. 1, p. 68-76.
- Tundisi, J.G. 2006. Novas perspectivas para a gestão de recursos hídricos. São Paulo: *Revista USP*. n.70, p. 24-35.



Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos em Vitória da Conquista – Bahia –Brasil

Mary Anne Assis Lopes de Oliveira

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB)

annesepol@hotmail.com

RESUMO: A problemática de crescente geração de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) tem causado discussões nos diversos segmentos da sociedade. A falta de boas práticas de gestão no manuseio e na coleta seletiva desses resíduos pode resultar em graves problemas ambientais. Os avanços na legislação poderão favorecer as pessoas envolvidas diretamente no trabalho de separação e reciclagem dos materiais descartados pela população. É importante ressaltar que o descarte dos resíduos supracitados, muitas vezes transformados em entulhos, pode ser resultante de falhas no seu gerenciamento. Utilizando-se de pesquisas de natureza exploratória e descrita, com abordagens qualitativa e quantitativa, foram realizadas pesquisas de campo e levantamento de dados junto aos gestores, trabalhadores da Cooperativa de Catadores Recicla Conquista e outros cidadãos da cidade de Vitória da Conquista, Estado da Bahia, Brasil. Ao final da investigação, pôde-se concluir que esses resíduos, muitas vezes despejados em locais inapropriados ou áreas irregulares, sem autorização dos órgãos públicos, têm causado inúmeros transtornos. A análise da atuação dos stakeholders pesquisados mostrou que a maior parte deles tem conhecimento da importância da coleta seletiva; que há necessidade de redefinição de políticas públicas direcionadas ao problema-alvo desta investigação; que os associados da Cooperativa de Catadores carecem de apoio público para desenvolvimento de competências conceituais e técnicas para realizarem melhor os processos de coleta seletiva e reciclagem.

Palavras-Chave *Cooperativa de catadores, Limpeza urbana, Reciclagem, Resíduos*

1. INTRODUÇÃO

A discussão sobre a gestão dos resíduos sólidos em espaços urbanos se constitui em uma das principais questões relacionadas aos problemas ambientais. Os procedimentos relacionados à coleta seletiva dos resíduos sólidos, seu reaproveitamento e reciclagem, associados às boas práticas de políticas públicas, podem possibilitar a criação de melhorias nos índices de qualidade na gestão ambiental, implicando, indiretamente, na geração de trabalho e renda, no uso sustentável dos recursos, na promoção da saúde, por exemplo.

No Brasil, a geração de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) vem exigindo a formulação, a implementação e a avaliação de políticas públicas que envolvam o maior número de pessoas na resolução dos problemas nesse campo de atuação das ciências ambientais. Deve-se destacar, inicialmente, que a gestão dos RSU deve envolver gestores públicos, empresários, trabalhadores e outros membros da sociedade civil. Trata-se, portanto, de um problema amplo e complexo, de natureza sistêmica.

Nessa perspectiva, este trabalho teve como objetivo principal analisar o processo de coleta seletiva desses resíduos sólidos na cidade de Vitória da Conquista, Estado da Bahia, Brasil. Buscou-se, ainda, conhecer a percepção dos gestores públicos, dos trabalhadores da Cooperativa de Catadores Recicla Conquista e outros cidadãos que compõem a sociedade da mencionada cidade.

Tomou-se como pressuposto preliminar que: a) as políticas públicas municipais inerentes à área de gestão ambiental seriam realizadas sem observar um padrão metodológico baseado nas boas práticas recomendadas para gestão de projetos; b) os gestores públicos estão motivados para por em prática as ações previstas nos planos elaborados na Secretaria Municipal do Meio Ambiente; c) os resultados da Cooperativa de Catadores do Recicla Conquista são muito limitados, pois estão circunscritos apenas a alguns bairros relacionados no universo amostral pesquisado.

Este presente trabalho possui relevância acadêmica, social e econômica. No âmbito acadêmico, pôde-se confrontar conhecimentos teóricos com conhecimentos práticos; no âmbito social, destaca-se a importância de apresentar um estudo de caso relacionado com a terceira mais importante cidade do Estado da Bahia, e, por fim, no âmbito econômico foi possível analisar a organização da Cooperativa de Catadores, seus recursos humanos, materiais e informacionais, enfatizando a geração de trabalho e renda.

Além desta seção introdutória, este artigo contém outras seções, a saber: seção 2 - metodologia; seção 3 - A questão do recolhimento do lixo urbano no Brasil; seção 4 - Vitória da Conquista e os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU); seção 5 - Resultados da pesquisa; e seção 6 - Conclusão.

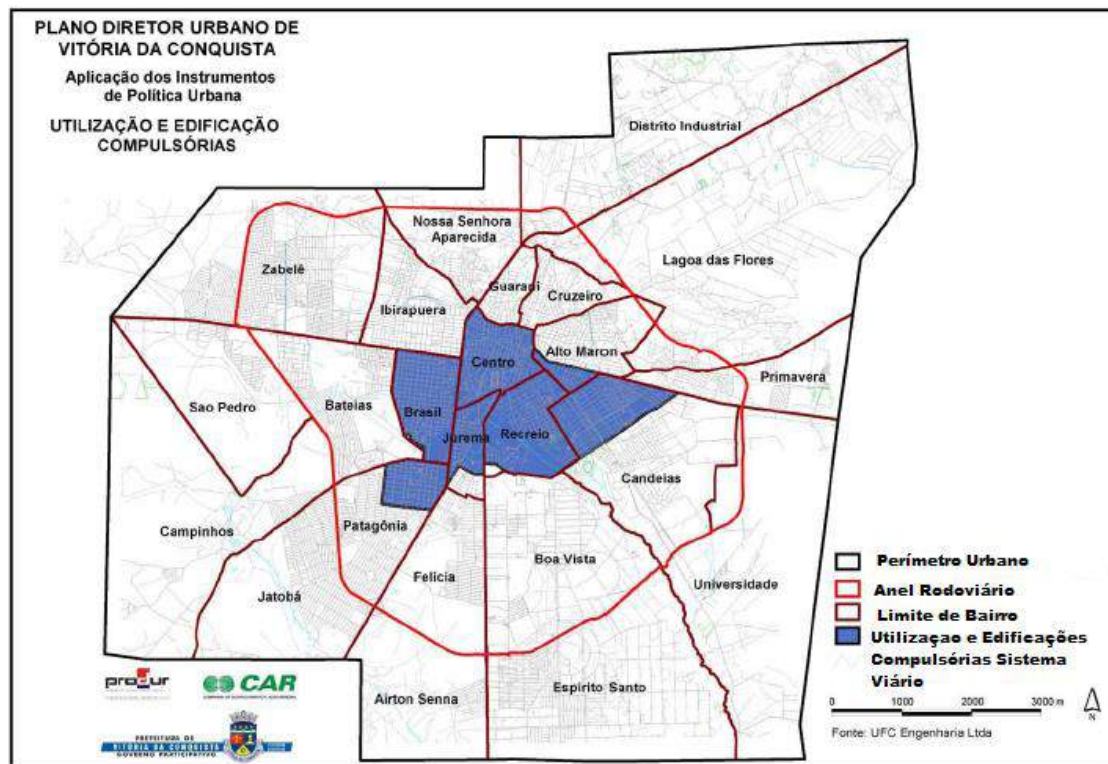
2. METODOLOGIA

O trabalho de pesquisa foi realizado por meio método de Estudo de Caso, que teve a finalidade de aprofundar conhecimentos sobre o problema central de pesquisa. Em uma primeira etapa da investigação, procedeu-se à uma pesquisa exploratória com consultas em fontes bibliográficas (artigos científicos, dissertações, teses e livros) e análise de

documentos cedidos pelo poder público municipal. Foram realizadas entrevistas semiestruturadas com gestores públicos.

Em uma segunda etapa, foi implementada uma pesquisa descritiva que requereu entrevistas fundamentadas em formulário estruturado com perguntas direcionadas aos catadores da Cooperativa e aos moradores dos 24 bairros que fizeram que compõem o universo amostral da zona urbana da cidade de Vitória da Conquista, conforme Figura 1.

Figura 1 – Bairros de Vitória da Conquista



Fonte: PMVC (2007) – Plano Diretor Urbano (PDU).

Considerou-se, ainda, que os moradores pesquisados deveriam ter idade igual ou superior a 16 anos. Também foram consideradas as variáveis nível socioeconômico, grau de instrução e sexo no momento de realizar o cálculo amostral, baseado em amostragem estratificada de tipo heterogênea

Buscou-se conhecer a opinião dos três grupos pesquisados em relação às políticas públicas municipais inerentes à área de gestão ambiental, à percepção dos gestores públicos relativa às ações previstas nos planos elaborados na Secretaria Municipal do Meio Ambiente e aos resultados da Cooperativa de Catadores do Recicla Conquista.

As etapas exploratória e descritiva exigiram análises qualitativa e quantitativa, respectivamente. A integração das abordagens citadas possibilita associar subjetividade com a objetividade que é gerada com as análises dos dados estatísticos.

Estipulou-se um intervalo de confiança de 95% relativo ao percentual de todas as amostras possíveis que satisfazem a margem de erro de 5%, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Distribuição do Universo Amostral – Número de questionários por bairros

Bairro	Qtde de Domicílios	Frequência Relativa (%)	Questionários por Bairro
Centro	3.670	6,07	24
Guarani	2.273	3,76	15
Cruzeiro	2.309	3,82	15
Alto Maron	4.976	8,24	33
Recreio	2.055	3,40	14
Jurema	1.650	2,73	11
Brasil	6.282	10,40	41
Ibirapuera	4.087	6,76	27
Nossa Senhora Aparecida	961	1,59	6
Primavera	566	0,94	4
Candeias	4.400	7,28	29
Boa Vista	2.681	4,44	18
Felícia	860	1,42	6
Patagônia	7.252	12,00	48
Bateiais	2.377	3,93	16
Zabelê	6.201	10,26	41
Universidade	224	0,37	1
Espírito Santo	3.170	5,25	21
Airton Senna	100	0,17	1
Jatobá	1.760	2,91	12
Campinhos	1.227	2,03	8
São Pedro	408	0,68	3
Distrito Industrial	257	0,43	2
Lagoa das Flores	678	1,12	4
Total	60.424	100,00	398

3. A QUESTÃO DO RECOLHIMENTO DO LIXO URBANO NO BRASIL

No Brasil, a problemática inerente à gestão dos resíduos sólidos urbanos ganhou mais evidência durante a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD), a conhecida ECO 92, realizada na Cidade do Rio de Janeiro. Naquela oportunidade, foram discutidos os problemas relacionados ao descarte e destino final do lixo. Foi firmado um consenso de que seria responsabilidade das prefeituras municipais os cuidados para com o recolhimento do lixo nas suas cidades. Atualmente, com o agravamento do descarte inadequado do lixo e as providências relacionadas aos diversos setores responsáveis pela destinação final dos seus resíduos, a exemplo daqueles provenientes da limpeza urbana e rural, que se tornaram uma questão a ser resolvida de forma integrada e imediata, mediante a formulação e implementação de políticas públicas.

De acordo a Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010, referente à Política Nacional de Resíduos Sólidos, essas políticas públicas devem observar as exigências formais quanto aos planos de gerenciamento e manejo dos resíduos sólidos, a fim de poder atender aos requisitos necessários a sustentabilidade ambiental, social e econômica (BRASIL, 2010).

De acordo com o Cempre Review (2013), no Brasil, 80,3% dos Resíduos Sólidos recolhidos por caminhões e levados para lixões, aterros ou reciclagem; 9,5% eram queimados em propriedades pesquisadas; 7,2% depositados em caçamba; 2% jogado em terreno baldio ou logradouro, 0,6% enterrado na propriedade; 0,2% enviado para outras modalidades de destinação; 0,1% jogado em rios e lagoas. No ano de 2013, o processamento dos materiais reciclados gerou um faturamento para as indústrias especializadas em torno de R\$ 10 bilhões.

A Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente nº 275, enfatiza que é preciso implementar ações que objetivem incentivar, facilitar e expandir no país a reciclagem de resíduos, na perspectiva de diminuir o consumo de matérias-primas, recursos naturais não renováveis, água e energia (CONAMA, 2005).

4. VITÓRIA DA CONQUISTA E OS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU)

O município pesquisado está localizado a 509 km da cidade de Salvador, capital da Bahia. A área de influência da cidade de Vitória da Conquista abrange aproximadamente 80 municípios da Bahia, além de 16 cidades do norte de Minas Gerais (Oliveira, 2002). Considerada cidade de atração (Ferraz, 2001), está localizada na região Sudoeste da Bahia, sendo cortada pelas BR 116 (Rio Bahia) e por três rodovias estaduais (BA 263, BA 263 e BA 265). Possui uma área territorial de 3.204,5 km² (IBGE, 2013).

Em 2013, a cidade possuía uma população de 315.884 habitantes. O produto interno bruto (PIB) de Vitória da Conquista é um dos que mais cresce no Estado, representando a sexta economia da Bahia. As atividades de prestação de serviços representam mais de 70% do PIB local (PMVC, 2015).

Segundo documentos fornecidos pela Cooperativa de Catadores Recicla Conquista, associada à Prefeitura Municipal de Vitória da Conquista, diariamente, são produzidos em média mais de 300 toneladas de resíduos sólidos urbano. Por não dispor de condições de infraestruturais adequadas para promover um mais eficiente manejo desses resíduos, a maior parte dele não é alvo de políticas públicas.

4.1 Situação da coleta e destinação de resíduos sólidos no Município de Vitória da Conquista

Conforme dados disponibilizados em novembro de 2014 pelos gestores do Plano Municipal de Saneamento Básico de Vitória da Conquista: Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos, para um universo de 86.400 domicílios, existia a prestação de serviços de coleta pública em 69.252 domicílios. Identificou-se também que em 8.349 domicílios os resíduos eram queimados (9,66 %); que em 590 domicílios (0,65%) o lixo era jogado em terreno baldio. Constatou-se, ainda, que 7.799 domicílios eram atendidos pelos serviços de coleta por veículos caçambas, representando um percentual de 9,02%.

Por sua vez, a modalidade de lixo enterrado em áreas internas dos domicílios estava presente em 152 domicílios (0,18%). Em relação ao descarte de lixo em rios, açudes ou lagos, foram identificados apenas 2 domicílios; e, por fim, foi constatado que em 316 domicílios (0,375%) utilizavam outras formas de descarte dos resíduos sólidos.

5. RESULTADOS DA PESQUISA

A análise do processo de coleta seletiva dos Resíduos Sólidos Urbanos na cidade de Vitória da Conquista revelou que os gestores públicos vinculados à Prefeitura Municipal de Vitória da Conquista, na Secretaria do Meio Ambiente, possuem conhecimento dos principais problemas que influenciam a geração, o descarte, a coleta e a reciclagem dos Resíduos Sólidos Urbanos. Contudo, a maior parte desses gestores afirmou que ainda é preciso um amplo conjunto de ações para implementar um Sistema de Gestão Ambiental capaz de planejar, organizar, controlar e avaliar o processo de produção local de matérias-primas, o destino final, os resíduos gerados, segundo preconiza as boas práticas de gestão sustentável.

Foram constatadas falhas nos processos de comunicação entre as Secretarias Municipais, bem como entre estas, os cidadãos e os trabalhadores que foram objeto de investigação neste trabalho. Os resíduos sólidos, na maioria das vezes, são gerados de modo inadequado, ora acarretando problemas de contaminação do solo e das águas, ora provocando problemas ambientais, econômicos e sociais (Mazzer e Cavalcanti, 2004).

A despeito das falhas aqui mencionadas, verificou-se que os gestores públicos demonstraram entusiasmo. Os mesmos afirmaram que estão motivados para dar continuidade as ações previstas nos documentos que compõem os planejamentos estratégicos, táticos e operacionais elaborados tanto para a Secretaria do Meio Ambiente quanto para o Sistema de Gestão Ambiental.

No que diz respeito à percepção dos trabalhadores da Cooperativa de Catadores Recicla Conquista, foi registrado que, além dos trabalhadores contratados pela prefeitura municipal, 60 pessoas atuam diretamente nas instalações da cooperativa e, aproximadamente, outras 100 atuam de modo informal no processo de coleta do lixo.

Na Cooperativa de Catadores Recicla Conquista, diariamente é gerada uma média de 300 toneladas de lixo, sendo que mais de 80% deste total poderia ser reutilizado.

Os catadores entrevistados disseram que precisam de capacitação para desenvolvimento das atividades de coleta e reciclagem do lixo. Alegaram, ainda, que o número de catadores é insuficiente para as demandas da cidade. Nessa perspectiva, indicaram que o poder público em conjunto com a iniciativa privada deveriam criar novas unidades operacionais da Cooperativa, distribuindo-as por outros bairros da cidade. Na avaliação de Scarlato (1992), Valle (2001), Conceição (2003) e Reveilleau (2008), a racional gestão resíduos pode ser uma importante oportunidade de geração de emprego e renda.

A coleta seletiva dos resíduos é realizada em 18 nos bairros, quais sejam: Alto Maron, Bateias, Boa Vista, Brasil, Candeias, Centro, Cruzeiro, Espírito Santo, Felícia, Guarani, Ibirapuera, Jatobá, Jurema, Patagônia, Primavera, São Pedro e Zabelê. Todavia, 6 bairros não realizam coleta coletiva: Airton Senna, Campinhos, Distrito Industrial, Lagoa das Flores, Nossa Senhora Aparecida e Universidade.

5.1 – Resíduos da Construção Civil

Segundo a Secretaria de Limpeza Urbana da Prefeitura Municipal de Vitória da Conquista, estima-se que no ano de 2014, em torno de 1.380 caçambas de entulho foram depositados

irregularmente na cidade, o que inclui caçambas, caminhões e carroceiros, sem levar em conta o descarte ilegal que é evidente em muitos bairros da cidade.

Conforme o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2011) a construção civil é considerada um segmento da indústria brasileira, é um indicativo do crescimento econômico e social. Contudo, também constitui uma atividade geradora de impactos ambientais, e seus resíduos têm representado um grande problema para ser administrado, podendo em muitos casos gerar impactos ambientais.

6. CONCLUSÃO

A gestão de manejo dos Resíduos Sólidos Urbanos exige mudanças de atitudes. Há necessidade de o poder público integrar as empresas e a sociedade civil no processo de gestão do meio ambiente com vistas a promover redução dos impactos ambientais.

Nessa perspectiva, este trabalho buscou resposta para a questão central de pesquisa, qual seja, a problemática do processo de coleta seletiva desses resíduos sólidos na cidade de Vitória da Conquista. Constatou-se que o objetivo central de pesquisa foi alcançado, pois as informações e dados coletados possibilitaram concluir que as políticas públicas municipais inerentes à área de gestão ambiental não estavam sendo realizadas segundo um padrão metodológico baseado nas boas práticas recomendadas para gestão de projetos. Também foi possível constatar que os gestores públicos estavam motivados para implementar as ações previstas nos planos elaborados na Secretaria Municipal do Meio Ambiente, mas que os mesmos exerciam suas atividades sem integrá-las com outras secretarias municipais e com a sociedade civil.

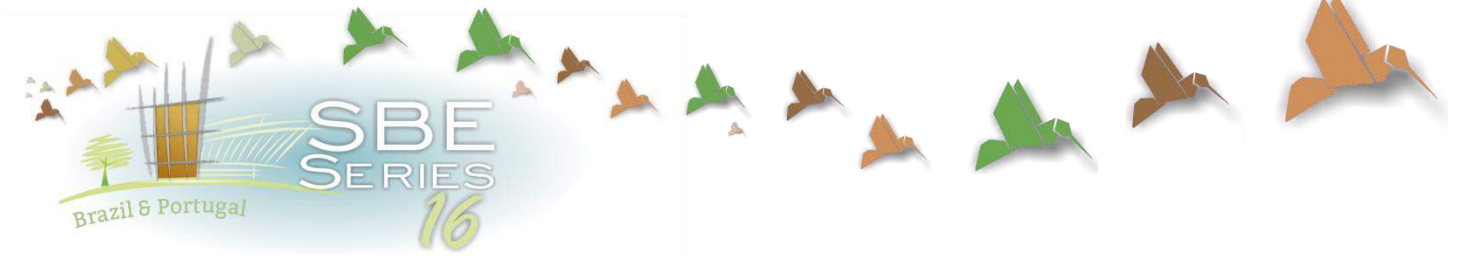
Outra conclusão encontrada evidenciou que os trabalhos da Cooperativa de Catadores do Recicla Conquista estavam limitados apenas a alguns bairros da cidade, situação que revela que há necessidade imediata de ampliar o raio de ação do Recicla Conquista. A ampliação proposta pode implicar em geração de trabalho e renda para inúmeras pessoas que exercem a função de catadores na cidade. Além disso, um adequado manejo dos resíduos sólidos pode reduzir a emissão de CO₂ na atmosfera.

Considerando-se que este trabalho foi delimitado apenas para análise dos Resíduos Sólidos Urbanos, recomenda-se que trabalhos futuros sejam realizados para aprofundar conhecimentos sobre a problemática ora estudada, bem como realizar estudos na zona rural da cidade. Recomenda-se, ainda, que a metodologia aplicada a este trabalho possa ser utilizada em outros municípios brasileiros que possuam situação similar.

REFERÊNCIAS

- Brasil. *Lei nº12.305, 2 de agosto de 2010*. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e da outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 6 jul. 2015.
- Brasil. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. 2009. *Diretrizes para Definição da Política e Elaboração de Planos Municipais e Regionais de Saneamento Básico*. Brasília.
- Conselho Nacional do Meio Ambiente. 2005. *Resolução 275/05*. Estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional. Brasília: SEMA.
- Compromisso Empresarial para Reciclagem. 2013. *Cempre Review 2013*. Disponível em: <http://www.cempre.org.br/ser_mercado.ppt>. Acesso em: 10 jun. 2015.

- Compromisso Empresarial para Reciclagem 2002. *Cempre Review*. Disponível em: <http://www.cempre.org.br/ser_mercado.ppt>. Acesso em: 10 jun. 2014.
- Conceição, M. M. 2003. *Os empresários do lixo – um paradoxo da modernidade*. Campinas: Editora Átomo.
- Ferraz, A. E. de Q. 2001. *O urbano em construção*. Vitória da Conquista: um retrato de duas décadas. Vitória da Conquista: Edições UESB.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. *Séries estatísticas*. <http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/>. Acesso em: mar. 2010.
- Mazzer, C.; Cavalcanti, O. A. Introdução à gestão ambiental de resíduos. *Informa*, v. 16, n. 11-12, 2004.
- Oliveira, M. A. A. L. de. 2002. *Rodoanel BR 116 – Município de Vitória da Conquista/Ba: Aspectos ambientais, sociais e econômicos*. Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília.
- Prefeitura Municipal de Vitória da Conquista*. 2015. *Portal de Prefeitura Municipal de Vitória da Conquista-BA*. <http://www.pmvc.com.br/cidade>>. Acesso em: 12 dez. 2015.
- Reveilleau, A. C. A. de A. 2008. *Gestão compartilhada de resíduos e a proteção ambiental: uma abordagem jurídica de responsabilidade sócio ambiental*. Porto Alegre: Habilis.
- Scarlato, F. C. 1992. *Do nicho ao lixo: ambiente, sociedade e educação*. São Paulo: Atual. (Série Meio Ambiente).
- Valle, L. F. do. 2001. Sociedade sustentável. Em E. Leff. *Epistemologia ambiental*. São Paulo: Cortez.



Chapter 8

Contributions and consequences of urban landscaping

SBE16 Brazil & Portugal
Sustainable Urban Communities towards a Nearly Zero Impact Built Environment
ISBN: 978-85-92631-00-0



Qualitative Analysis of Urban Tree Arborization in the Streets of São Carlos (São Paulo/Brazil)

Gustavo D’Almeida Scarpinella

*Federal University of São Carlos, Civil Engineering Department, São Carlos (SP), Brazil
gscarpinella@gmail.com*

Simone Cristina de Oliveira

*Federal University of São Carlos, Civil Engineering Department, São Carlos (SP), Brazil
simonecoliv@gmail.com*

Ricardo Siloto da Silva

*Federal University of São Carlos, Civil Engineering Department, São Carlos (SP), Brazil
silotosilva@gmail.com*

ABSTRACT: Tree arborization in streets brings several advantages to the urban environment. In addition to their aesthetic function, urban trees cool local surface temperature, provide air humidity, ensure shelter and food for birds, reduce soil erosion while providing shade, all of which results in a more enjoyable urban landscape. Due to the city’s dynamism and growth demands, urban streets often lack good tree coverage on the sidewalks or central plant beds along the streets. This paper conducts a qualitative study on tree arborization in seven public streets located in the urban area of São Carlos (São Paulo/Brazil). These streets were selected because of their high traffic flow. The methodology used in this research consists of an in loco qualitative analysis of urban trees using the Geographic Information System (GIS) to contextualize the road sections under study. The results showed the occurrence of species diversity, development stages, and the level of care and maintenance of trees along the streets assessed. The potential for inserting new arboreal specimens was also observed, which in terms of economic, visibility or luminosity factors, would cause no impairment.

Keywords *Urban trees, green infrastructure, public avenues, assessment.*

1. INTRODUCTION

In a city, the avenues represent the arteries that connect the main points to neighborhoods and other locations. They are used by those who live there to walk or go to work, to transport the goods and resources produced, distributed and allocated in the city and to other municipalities. These are vital and strategic streets that interpret the care and the viewpoint of its people through its public space.

Most Brazilian cities, since the mid-1950s, due to market impositions and national industrial policy decisions to effectively and definitively establish cars as the main means of transportation nationwide, began projecting its avenues in order to sustain the volume of traffic. Urban tree arborization, little known when Brazilian cities were first formed, was mostly seen in private backyards and later in public spaces such as squares and parks. The urbanization process evidenced the need to associate the development of these areas with environmental conservation, contributing toward improving the quality of life of urban populations (Albertin *et al.*, 2011). However, in the areas bordering the high traffic volume avenues, tree arborization is usually restricted to narrow sidewalks, or undersized plant beds along the streets. Generally in second place (although avenues are spaces that generate much heat and pollution), trees are moderately highlighted, not very representative and displaying low diversification given the diversity of the nation's flora and environmental landscape potential of urban tree arborization. The common citizens and public authorities were not galvanized with regard to its advantages.

When well planned, these roads can rely on a number of urban facilities, including afforestation. A well conducted street arborization in urban spaces provides, in addition to local beautification, humidity and cleaner air (Paiva & Gonçalves, 2002), a more shaded environment, shelter to birds, pleasant flower scents and mild temperatures.

Economically, the planting and maintenance of large trees that provide shade represents a better strategy than planting palm trees, which provide little shade and require more frequent care collecting its leaves. Over their life cycle, the dicotyledonous trees (palm trees are monocots species) require lower maintenance costs, live longer and provide many benefits when compared to medium or small trees (Geiger, 2004). However, this requires planting the individual trees in appropriate locations, with adequate spacing, lighting and sufficient space for their root and aerial development.

On the other hand, without proper planning to outline these streets, there may only be streets and sidewalks without any attention given to urban tree arborization, making this environment less gratifying for those who use it, either by car or on foot. Asphalt deformation, higher temperatures and less attractive streets are the disadvantages of a street with few or no trees. Other ecological problems can be mentioned as a result of poor planning regarding urban tree arborization, such as the loss of biodiversity caused by lack of shelter and food for the wildlife that remains in urban areas (Brun *et al.*, 2007). An inadequate selection of tree species can be problematic to pedestrians, because of their shoots (canopy) often at the height of pedestrians, or a root system that can break pavements, a potential danger that can injure people walking on these broken pavements. The purpose of this article is to conduct a critical tree arborization analysis of seven high

traffic avenues in the urban area of São Carlos, a city located in the State of São Paulo (Brazil).

2. MATERIALS AND METHODS

The urban area of São Carlos, used as case study in this work, is located in the state of São Paulo. Seven high traffic volume streets were specifically selected: São Carlos Avenue, Trabalhador São Carlense Avenue, Francisco Pereira Lopes Avenue, Comendador Alfredo Maffei Avenue, Getúlio Vargas Avenue, Henrique Grégori Avenue and Teixeira de Barros Avenue. Figures 1 and 2 show the area and study object.

São Carlos is known as the Capital of Technology, it has two major public universities and many companies in the technology sector. According to the Brazilian Institute of Geography and Statistics, in 2015 its estimated population was of 241,389 inhabitants. Its total municipal area covers 1136.9 km², and its urban area is 85 km², or 7.5% of the municipal area (IBGE, 2016). According to the government of São Carlos, the current approximate estimate of light vehicles is of 176,000 units (São Carlos, 2016).

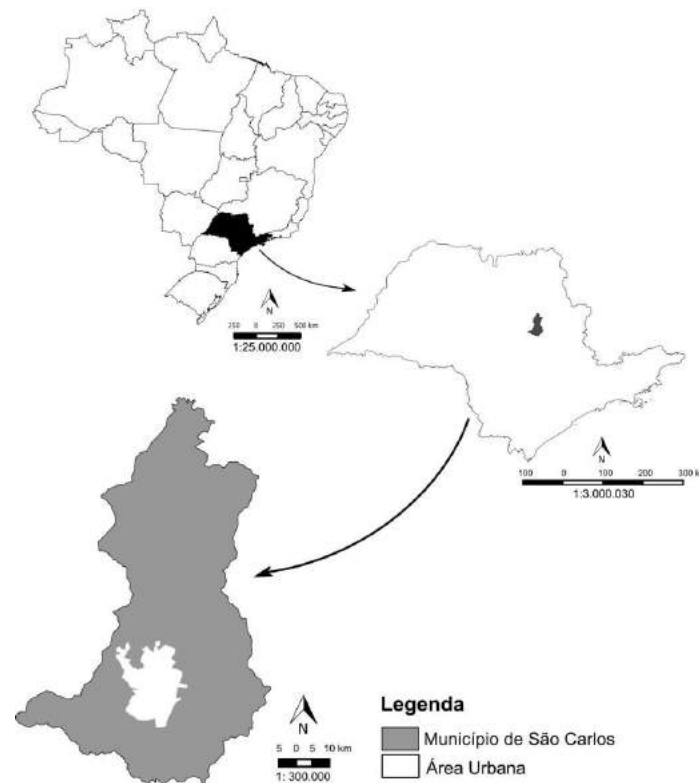


Figure 1. Overview of the location of the case study. Clockwise: political and administrative boundaries of Brazil, especially the state of São Paulo; location of São Carlos in the State of São Paulo; and the urban area of São Carlos.

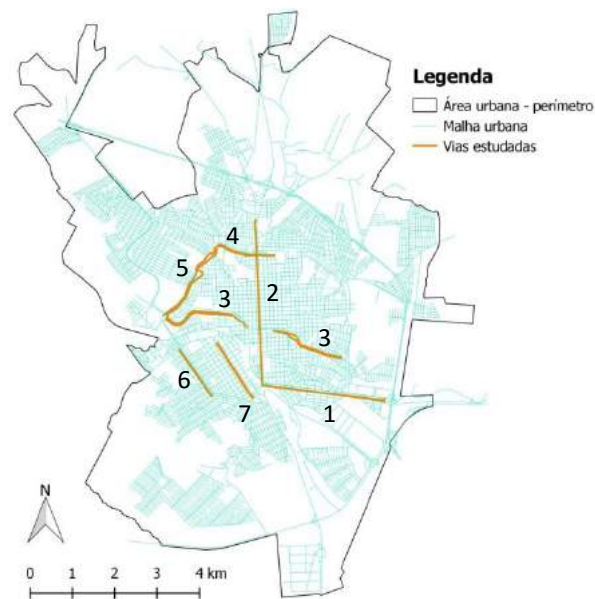


Figure 2. Urban area of São Carlos and its road network, especially the streets (avenues) studied: Getúlio Vargas (1); São Carlos (2); Alfredo Maffei (3); Trabalhador São Carlense (4); Francisco Pereira Lopes (5); Henrique Gregori (6); Dr. Teixeira Barros (7)

Direct *in loco* observation was carried out in all the avenues under study, recording their general characteristics as regards the existence, disposition, state of preservation and maintenance of tree species, as well as an assessment of the species selection for the location where they were planted. The Quantum GIS software (version 2.10.1), Geographic Information System (GIS) tool, was used to further understand and present the situation.

3. RESULTS AND DISCUSSION

Table 1 summarizes the information regarding the seven streets studied.

Table 1. Comparative analysis of the urban trees in the avenues studied.

Avenues analyzed	Length (m)	Average daily traffic flow	Arborization aspects
1. Getúlio Vargas	2.900	14.024	Cc (1,5m); Am; At; Ns; Md
2. São Carlos	3.900	7.041	Av; Ai; Ns; Md
3. Alfredo Maffei	4.000	11.383	Cc (4-35m); Av; At; Ns; Ch; Md
4. Trabalhador São Carlense	1.400	13.852	Cc (8-10m); Av; Ai; Ns; Ch; Md
5. Francisco Pereira Lopes	2.200	10.403	Av; At; Ns; Md; Ch; Md
6. Henrique Gregori	1.300	5.924	Cc (10m); Av; S; Ms
7. Dr. Teixeira de Barros	1.400	Ni	Cc (7m); Av; At; S; Ms

Source: São Carlos (2016). **Legend:** Ni – not informed; Cc – Central plant bed (in meters); Av – Varied arborization; Am – Monotonous arborization; At – Arborization along the street; Ai – Intermittent arborization; S – provides shade; Ns – Does not provide shade; Ms – Satisfactory maintenance; Md – Poor maintenance; Ch – Street along the water body.

3.1 Street 1 assessed - Getúlio Vargas Avenue

Relevant aspects: This Avenue has a narrow plant bed with palm trees along its entire length (1.5 meters wide by 0.4 meters high). This street has no elaborate landscaping. Figure 3 shows the beginning of this avenue.

Problems encountered: The structure of the plant bed, 1.5 meters wide and 0.4 meters high, is an obstacle for pedestrian traffic. The sidewalks of this Avenue were not planned to include afforestation of dicotyledonous species. The sidewalk indentation between the retail establishments and the street has discrepancies, and with rare exceptions in some of these establishments there are trees of other species, all medium size, at most.



Figure 3. Partial view of Getúlio Vargas Avenue

3.2 Street 2 assessed - São Carlos Avenue

Relevant aspects: This is the main avenue of the city, given its connection with several other streets, although its traffic flow is not the highest (Table 1). This avenue has narrow sidewalks with streetlights and electric posts that are at times situated in the middle, demonstrating they were not adequately planned for pedestrian mobility. The urban trees along this street can be observed in the 8 squares positioned along both sides. However, this tree arborization serves the internal spaces more than the street. At the end of this avenue there are large-sized trees on the sidewalks, on both sides (Figure 4, second photo).

Problems encountered: This Avenue, with few exceptions, has trees due to the bordering squares. At the end of the street (near the cemetery) there is conflict with the electric wiring, the tree pruning performed that modified its design, bringing a different aesthetic to the canopies. These trees are in an undersized sidewalk for their size, evidencing its displacement in the direction of the street. In addition, in these examples a section is filled with cement, demonstrating inadequate care and maintenance. Except for the sidewalks of the squares, the other sidewalks located along this avenue were not planned for pedestrians, electric poles and trees.



Figure 4. Two different sections of São Carlos Avenue. The first picture shows the urban trees of a square. The second photo (at the end of the avenue) shows the trees trimmed because of the electric wires.

3.3 Street 3 assessed - Alfredo Maffei Avenue

Relevant aspects: This Avenue shows a discontinuity in two sections, as seen in Figure 2. When referring to the first section, it is the one on the right. The avenue has a central plant bed, its width varies (4 to 35 meters) and the composition of the urban trees is varied. The green area segment accompanies the stream Córrego do Gregório. In the section where it passes through the city center, this stream is buffered. There was a vegetation recovery effort on the banks of the stream in the first stretch of the street (Figure 5). The avenue has a bike lane on one side of the street, but without any trees planned or aimed for this path. In the second stretch, walking paths and bicycle paths were built in the central plant bed which serve as a Permanent Preservation Area (Figure 5, on the right side), and there are also trash bins and cement benches. In this section, greater care was observed in the distribution and maintenance of the species, as well as the rest of the equipment.

Problems encountered: In both sections there are dead and vandalized species. Near the stream embankments there are no trees, with the occurrence of erosion and landslides during the rainfall periods. In some sections the pavement is raised due to undersized plant beds and tree species at more advanced development stages. The second section of this avenue, on the right, has pits (beds) on the sidewalks at every 20 meters for the inclusion of afforestation. However, few of these sites received plant species and many of the beds are cracked, which continues for the remaining sidewalk, prone to accidents for the pedestrians that circulate there.



Figure 5. Alfredo Maffei Avenue in the first and second section, respectively.

3.4 Street 4 assessed - Trabalhador São Carlense Avenue

Relevant aspects: This Avenue follows the stream Córrego do Tijuco Preto, which was initially buffered. It has underutilized sections for afforestation (Figure 6) and the others with vegetation under development. There is no standard for local afforestation and its final section has more developed arboreal specimens (in greater numbers and variety), basically planted along the stream banks, consisting of a Permanent Preservation Area (APP).

Problems encountered: The first 160 meters of the Avenue, after the stream was unbuffered, could be afforested. However, this section only has grass as vegetation cover. Conflict with the electrical wiring was observed for some species.



Figure 6. Trabalhador São Carlense Avenue in the unbuffered section

3.5 Street 5 assessed - Francisco Pereira Lopes Avenue

Relevant aspects: Along most of the Avenue there is a bike path (Figure 7) in the central plant bed that accompanies the stream Monjolinho. There are several species in early development stages along this bed. However, there are some embankment sections that deteriorated from the rains and are eroding. The avenue, on one of its sides (stretch of about 600 meters) has a bush area of about 10 hectares (Environmental Preservation Area) belonging to the municipal government. At the end of this avenue there is a roundabout and the area is underutilized for planting tree species.

Problems encountered: There are landslips in some sections of the Monjolinho stream. There are many non-preserved species lacking maintenance (pruning), and also the occurrence of vandalism of small trees.



Figure 7. Francisco Pereira Lopes Avenue highlighting the bike path and landslip of the slope (photo on the right)

3.6 Street 6 assessed - Henrique Gregori Avenue

Relevant aspects: This Avenue has a central plant bed (10 meters wide) with a walking path, bike path (Figure (Figure 8) and equipment such as trash bins, benches and light posts. The dispersed species provide shading along the walking path. There is species diversification at different development stages. In addition to the central plant bed, there are some species distributed (less frequently) along the external sidewalks.

Problems encountered: low maintenance was observed at this location due to lack of cleaning and acts of vandalism (broken trash bins). Although this section has tree arborization in many parts and there is a walking path, there are unfavorable points to practice exercises due to the level of car noise and gas emissions.



Figure 8. Central plant bed along Henrique Grégori Avenue.

3.7 Street 7 assessed - Dr. Teixeira Barros Avenue

Relevant aspects: A central plant bed of 7 meters, equipped with pavement at both ends and large individual trees in an advanced and uniform development stages planted in the center of this bed along its length. In sections of the street, the central bed has equipment such as benches. Aside from the central bed there are no species planted on the sidewalks (Figure 9).

Problems observed: Few flaws but it could receive new tree species.



Figure 9. Dr. Teixeira de Barros Avenue and its central plant bed (on the left side)

3.8 Improvements in the qualitative aspect

Tree recovery could be performed at various points, as well as replacing dead or vandalized specimens.

In general, the public sidewalks of the streets assessed were not designed to receive medium or large sized trees. Those that have tree arborization show poorly performed pruning, tabular roots breaking the cement pavements and undersized beds. The Building Code of São Carlos (São Carlos, 2011) states that the sidewalks should be built in a continuous plane. This City Law states that the circulation path (sidewalk) is an “*area of the main circulation path which must always guarantee an accessible physical path, a barrier-free path of travel, e.g., no elevated steps, pot holes [...]*”. This document also states that the free circulation path should have a minimum width of 1.20m. Raised steps and pot holes were observed in several segments, as well as other types of discontinuities such as uneven and irregular pavements, posing risks to pedestrians. The width of the free circulation path, established by law, was also disregarded in several stretches. As they are narrow and sporadic, these paths are rarely in conditions – with few exceptions – to receive afforestation without any conflicts with urban constructions, electric wiring and other equipment that compose the sidewalks. In 2009 the Urban Afforestation Plan of São Carlos was instituted, which among other technical factors determines excavation specifications for individual trees along the public paths, determining minimum dimensions of 0.6m X 0.6m X 0.6m from the curb (São Carlos, 2009). In addition, other distance restrictions are determined in this decree in order to ensure that trees can fully develop, free of urban elements (traffic lights, drainage systems, bus stops, lighting poles and traffic signs, water and sewage networks), and subsequent trimmings resulting from a poor selection of species or technically flawed tree planting.

As the removal and replacement of trees is a non lucrative activity - except when at risk of collapse, pests or diseases that condemn the tree – the introduction of a new species occurs only when the tree has collapsed or expired. Therefore, selecting a greater tree variety is a strategy that emphasizes concern with the health of the urban forest, which can prevent verticalization in cases of disease or pest attacks.

There is significant difference between some of streets studied, such as 1 and 7 (Figures 3 and 9, respectively), considering the focus of this discussion addresses the central plant bed and its afforestation. Street 1, with palm trees planted along its length and a central plant bed of 1.5 meter wide (and 0.4 meters tall), obstructs pedestrian traffic and includes mostly monocots species, which despite their beauty, do not provide sufficient shade. Street 7, which has central plant beds that are 7-meter wide, and which predominantly includes varied dicotyledonous species, known as good shade providers. There is no difference in height between the level of the pavement and the trees planted, showing consideration for pedestrians. The width of the central beds, the mix of adult dicotyledonous species, the shading, spacing and positioning of trees in Street 7 are successful examples that could be replicated in new streets.

Table 1 exhibited maintenance deficiency in five streets (1, 2, 3, 4 and 5), and sporadic tree arborization in three streets. One of the streets (1) showed low species variability. Of the avenues assessed, five have central plant beds (1, 3, 4, 6 and 7), which showed these spaces have tree arborization. The average daily traffic flow was presented here to further the discussion regarding the need for afforestation in very busy streets, considering that plant species are responsible for partly sequestering the carbon gases emitted by motor vehicles.

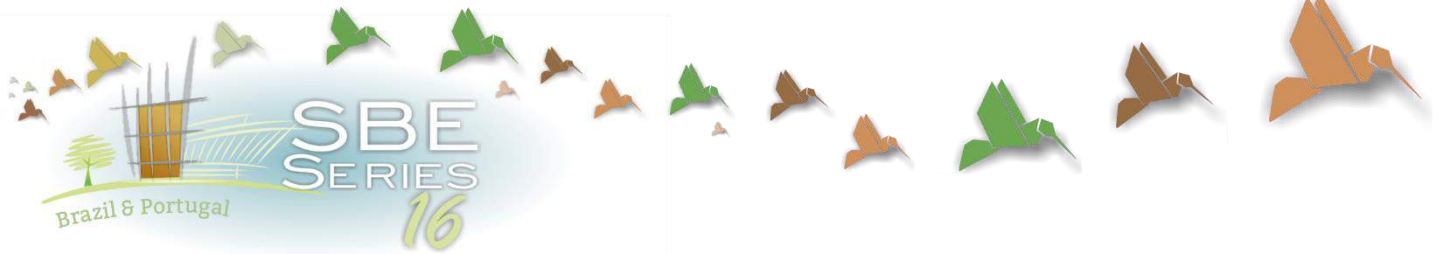
4. CONCLUSIONS

The afforestation observed in the avenues used as case study does not necessarily obey the strict criteria for species selection. Consequently, several trees already in advanced development stages are inadequate for the locations in which they were planted. However, they comprise the tree population and receive some maintenance, despite the fact these species are victims of poor tree trimming, undersized beds and are planted in inappropriate spaces.

In general, the assessed avenues have trees, although there are continuity gaps (quantitative aspect) and a lack of variety (qualitative aspect). The sidewalks, not designed to receive trees of any size, demonstrate a range of cases. While an effort in this direction by the local government can be perceived, street afforestation appears as only minimally satisfactory when there is afforestation in large squares or along long stretches of central plant beds.

REFERENCES

- Albertin, R. M.; Angelis, R.; Neto, G. A.; Angelis, B. L. D. 2011. Diagnóstico quali-quantitativo da arborização viária de nova esperança, Paraná, Brasil. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*. 6(3): 128-148.
- Brun, K. G. F.; Link, D.; Brun, J. E. 2007. O emprego da arborização na manutenção da biodiversidade de fauna em áreas urbanas. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*. 2(1): 117-127.
- Geiger, J. 2004. The large tree argument: the case for large trees VS. Small trees. *Western Arborist*. 30(1): 14-15.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2016. IBGE Cidades. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=354890&search=sao-paulo|sao-carlos>>. Acessado em 10 maio 2016.
- Paiva, H. N.; Gonçalves, W. 2002. Floresta Urbana: planejamento para melhoria da qualidade de vida. Viçosa: Aprenda Fácil.
- São Carlos. 2009. Decreto nº216. Plano de Arborização do Município de São Carlos. Disponível em: <http://www.saocarlos.sp.gov.br/images/stories/legislacao_urbanistica_municipal/Decreto%20216-09-digital.pdf>. Acessado em 30 maio 2016.
- São Carlos. 2011. Lei nº 15.958. Código de Obras e Edificações do município de São Carlos.
- São Carlos. 2016. Secretaria de Transporte e Trânsito. Informações sobre a frota municipal e trânsito local nas principais vias de São Carlos.



A vegetação urbana como condicionante de mitigação de ilhas de calor

Brenda Alves Silva

Federal University of Espírito Santo, Planning and Project Laboratory, Vitória (ES), Brazil
brenda.ufes@gmail.com

Tatiana Camello Xavier

Federal University of Espírito Santo, Planning and Project Laboratory, Vitória (ES), Brazil
Federal Institute of Espírito Santo, Production engineering Coordination, Cariacica (ES), Brazil
tatianax@ifes.edu.br

Cristina Engel de Alvarez

Federal University of Espírito Santo, Planning and Project Laboratory, Vitória (ES), Brazil
cristina.engel@ufes.br

ABSTRACT: A falta de planejamento e o crescimento urbano acelerado têm sido apontado em diversas pesquisas como um dos fatores de influência no clima local, sendo possível inferir que a urbanização vem promovendo mudanças na forma de distribuição da radiação da Terra. Nos estudos acerca do clima urbano vem sendo observado, especialmente, nas grandes cidades de clima tropical em todo mundo o fenômeno “ilha de calor”, sendo a vegetação em áreas urbanas um importante componente para a mitigação desse fenômeno. O objetivo principal desta pesquisa foi avaliar os impactos da formação de ilhas de calor para o conforto térmico urbano e a influência da vegetação através do mapeamento do campo térmico. Elegeu-se como área de estudo o município de Vitória (ES, Brazil). Os procedimentos metodológicos adotados consistem no mapeamento do campo térmico da área de estudo no ano de 2014, período sazonal verão, através das imagens do satélite Landsat 8, utilizando o SIG (Sistema de Informação Geográfica) para o georreferenciamento das imagens e produção de mapas temais para identificação de ilhas de calor e frescor na área urbana. Os resultados apontaram a influência da urbanização no microclima urbano e a constatação da redução do calor nas áreas vegetadas. Desta forma as análises servirão de suporte para estudos futuros que visem a elaboração de recomendações para o desenvolvimento de políticas e ações relacionadas ao planejamento urbano.

Keywords *vegetação, clima urbano, ilha de calor.*

1. INTRODUÇÃO

A falta de planejamento decorrente da intensa urbanização e de um crescimento urbano acelerado tem reduzido as áreas de vegetação nos centros urbanos, sendo evidenciado em pesquisas como fatores de influência do microclima. As alterações climáticas nos centros urbanos são responsáveis por ocasionarem ampliação no desconforto térmico, principalmente em áreas de clima tropical úmido, ocasionando nessas áreas uma elevação na temperatura das superfícies comparada com as verificadas em áreas rurais (Gartland, 2010).

Segundo Dacanal, Labaki e Silva (2010), o interesse a respeito do conforto térmico em espaços abertos tem aumentado devido aos estudos relacionados às estratégias bioclimáticas enquanto mecanismo para a melhoria da eficiência energética das edificações e, também, da qualidade dos espaços livres públicos.

Com a limitação da vegetação nos centros urbanos e ampliação das superfícies retentoras de radiação das edificações, o desconforto térmico é ampliado, como consequência da relação da capacidade de absorção de radiação solar das configurações desse meio.

A vegetação propicia resfriamento passivo em uma edificação por meio do sombreamento e da evapotranspiração. O sombreamento atenua a radiação solar incidente e, conseqüentemente, o aquecimento das superfícies, reduzindo a temperatura superficial destas, portanto, a emissão de radiação de onda longa para o meio. Através da evapotranspiração, ocorre o resfriamento das folhas e do ar adjacente, devido à retirada de calor latente (Labaki, et al., 2011).

De acordo com Gonçalves e Santos (2010), o sombreamento produzido pela vegetação atua impedindo que a radiação solar atinja diretamente a superfície. Segundo o mesmo autor, a vegetação também absorve parte dessa radiação em seu processo de evapotranspiração, o que resfria e umidifica o ar do entorno, conseqüentemente produzindo um ambiente com microclima mais confortável.

Pesquisas acerca da influência da vegetação para o conforto térmico urbano tem apontado a vegetação como um importante fator de atenuação dos impactos negativos no microclima, sendo ainda a responsável pela redução da temperatura e elevação da umidade relativa do ar (Silva et al., 2015).

Nos centros urbanos observa-se uma expansão da mancha urbana associada com a redução de áreas verdes, fatores que tem ocasionado mudanças no clima local (Shams et al., 2009). As alterações microclimáticas nas áreas urbanas têm afetado o conforto térmico dos transeuntes, sendo um fato de destaque a formação de fenômenos climáticos como os de “ilha de calor”.

O fenômeno ilhas de calor se relaciona com as ações antrópicas e suas interferências com o uso e ocupação do solo, e é associado com as características do meio ambiente (Lombardo, 1985).

Conforme Gartland (2010), o fenômeno ilhas de calor é formado em áreas urbanas e suburbanas porque muitos materiais de construção comuns têm alta capacidade de absorção e retenção de radiação solar em comparação com os materiais naturais em áreas rurais menos urbanizadas.

A temperatura de superfície terrestre (TST) de acordo com Gusso, Fontana e Gonçalves (2007, p. 231) “é determinada a partir da detecção da radiação de ondas emitida na faixa do infravermelho e detectada por sensores orbitais”. A TST se torna importante nos estudos de clima urbano (Weng, 2009 apud Sousa e Ferreira Junior, 2012, p.76).

Tendo por objetivo a avaliação dos impactos da formação de ilhas de calor e a influência da arborização no conforto térmico urbano a partir do Sistema de Informação Geográfica (SIG), e da análise da temperatura de superfície terrestre este estudo teve como recorte territorial o município de Vitória (ES).

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O objeto de estudo é a cidade de Vitória (LAT 20° 19' 20" S e LONG 40° 20' 17" W), localizada no litoral do Sudeste brasileiro (Figura 1). O município possui cerca de 327.801 habitantes distribuídos em uma área de 97,400 Km² de acordo com o Censo do Instituto Brasileiro de Estatística (IBGE, 2010).

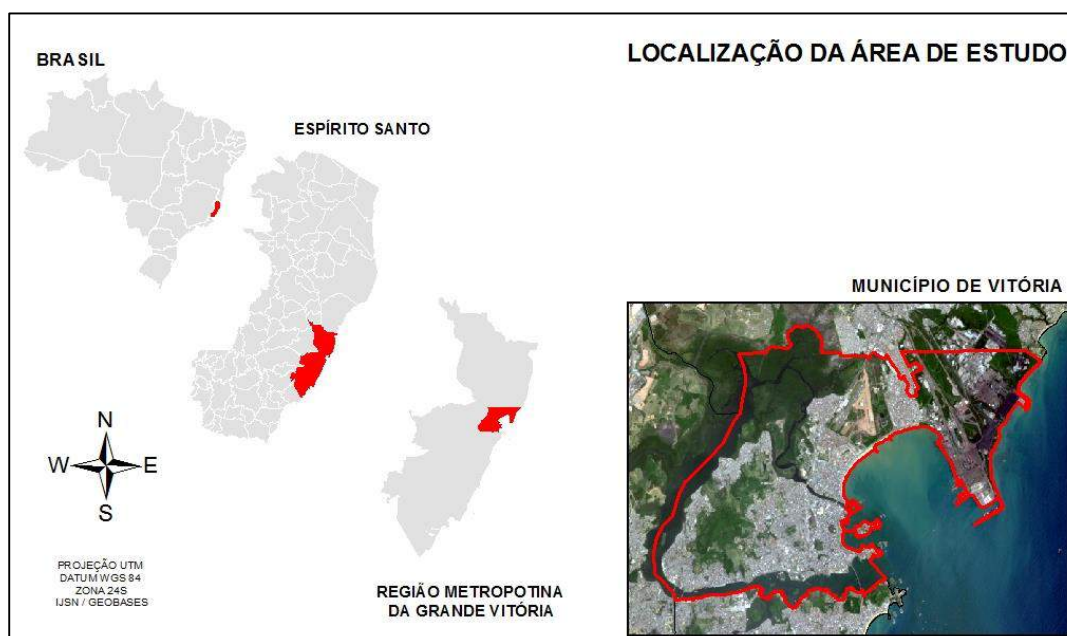


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo. Fonte: elaborado a partir de Geobases e IJSN (2016)

De acordo com a escala climática de Köppen-Geiger, o município possui clima tropical úmido (Aw), com temperaturas quentes e úmidas (Kottek et al., 2006). A região é de transição de climas quentes e temperado, sofrendo grande influência da umidade vinda do oceano Atlântico (Romero, 2000).

3. METODOLOGIA

A etapa inicial dos procedimentos metodológicos adotados para a pesquisa consiste em revisão bibliográfica e na aquisição das imagens gratuitas do satélite Landsat 8. As imagens disponíveis dessa estação foram de 29/12/2014 e o horário central 12h38, referente a estação sazonal de verão. As imagens são disponibilizadas pelo site americano USGS (United States Geological Survey).

Para a obtenção da temperatura de superfície e, conseqüentemente, a produção de mapas temais para identificação de ilhas de calor e frescor na área urbana de estudo foram utilizados os métodos de Coelho, Correa e Nascimento (2013) e Coelho e Correa (2013) nas bandas do infravermelho termal do satélite Landsat-8, que são fundamentadas respectivamente na equação (1) e (2), onde se utiliza os parâmetros fixos de conversão de níveis de cinza das imagens para a radiância. Os níveis de cinza observados nas imagens foram transformados em temperatura (°Celsius) sendo executadas e processadas utilizando o software ARCGIS versão 10.2, que também foi utilizado para a criação do perfil do campo térmico.

Fórmula e parâmetros de conversão para o satélite Landsat - 8 (Coelho e Correa, 2013)

$$L\lambda = ML * Q_{cal} + AL \quad \text{(Equação 1)}$$

Onde:

$L\lambda$ = Radiância espectral do sensor de abertura em Watts ($m^2 \text{ sr } \mu m$)
ML = Fator multiplicativo de redimensionamento da banda 10 = 3.3420E-04
AL = Fator de redimensionamento aditivo específico da banda 10 = 0.10000
Q_{cal} = Valor quantizado calibrado pelo pixel em DN = Imagem banda 10

$$T = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L\lambda + 1}\right)} \quad \text{(Equação 2)}$$

Onde

T = Temperatura efetiva do satélite em Kelvin (K)
$K2$ = Constante de calibração 2 = 1.321.08 (K)
$K1$ = Constante de calibração 1 = 774.89 (K)
$L\lambda$ = Radiância espectral em Watts / ($m^2 \text{ sr } \mu m$)

Após os parâmetros de conversão, para o início do estudo da superfície termal através de técnicas de sensoriamento remoto, foi utilizado no software a composição RGB na banda 10 do infravermelho termal, onde os mapas permitiram a identificação da expansão da urbanização e a presença da vegetação no município.

4. COLETA DE DADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS

A expansão da mancha urbana é observada na figura 2 na composição RGB na banda 10 do infravermelho termal, sendo notória a avaliação da urbanização no município na composição falsa cor natural do satélite. Observa-se que a vegetação urbana está sendo limitada pela ação antrópica no meio ambiente e o avanço da urbanização tem ocasionado esse fator.



Figura 2. Composição RGB- Falsa cor natural: Fonte: elaborado a partir de Geobases e IJSN (2016)

Na Figura 3, observa-se a composição do infravermelho colorida, sendo que nessa composição foi avaliada a vegetação presente em vermelho. Na imagem, verifica-se que a concentração de vegetação está na área do parque Estadual Fonte Grande; na área de preservação do manguezal; e na área preservada ao redor do aeroporto. Além disso, é possível visualizar pequenas regiões vegetadas localizadas no meio urbano de Vitória.



Figura 3. Composição RGB- Infravermelho colorida. Fonte: elaborado a partir de Geobases e IJSN (2016)

A figura 4 apresenta o mapa de temperatura de superfície do satélite TM/ Landsat-8 do município de Vitória (ES), registrando temperatura mínima de 18°C e máxima de 49°C. Os resultados apontaram as variações das temperaturas na área urbanizada, sendo que nas áreas em que a urbanização está concentrada, as temperaturas foram mais elevadas, o que ressalta que os materiais de construção das edificações e das pavimentações absorvem e retêm mais calor.

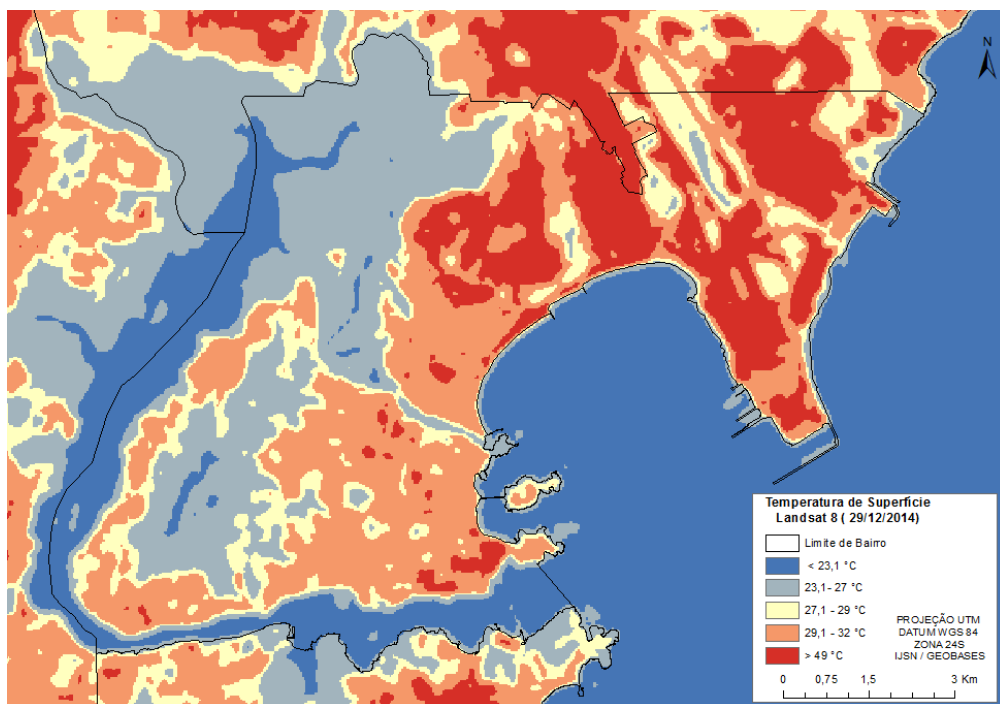


Figura 4. Mapa de temperatura. Fonte: elaborado a partir de Geobases e IJSN (2016)

As áreas com intensa urbanização e sem vegetação se tornam ambientes propícios para a absorção e retenção da radiação solar, consequentemente, a radiação não é totalmente dissipada no ambiente, sendo a maior parte da energia absorvida entre as configurações urbanas.

Nas áreas onde existe a presença de vegetação, foi observada a atenuação da temperatura, corroborando no sentido de que a vegetação se torna um importante condicionante de mitigação de ilhas de calor, melhorando o conforto térmico urbano.

Na área do Parque Estadual Fonte Grande (Figura 5), que possui vegetação concentrada, constatam-se temperaturas entre 23,1°C - 27°C, em contrapartida, nas áreas urbanizadas do município, as temperaturas variam de 29,1°C - 49°C (Figura 6).

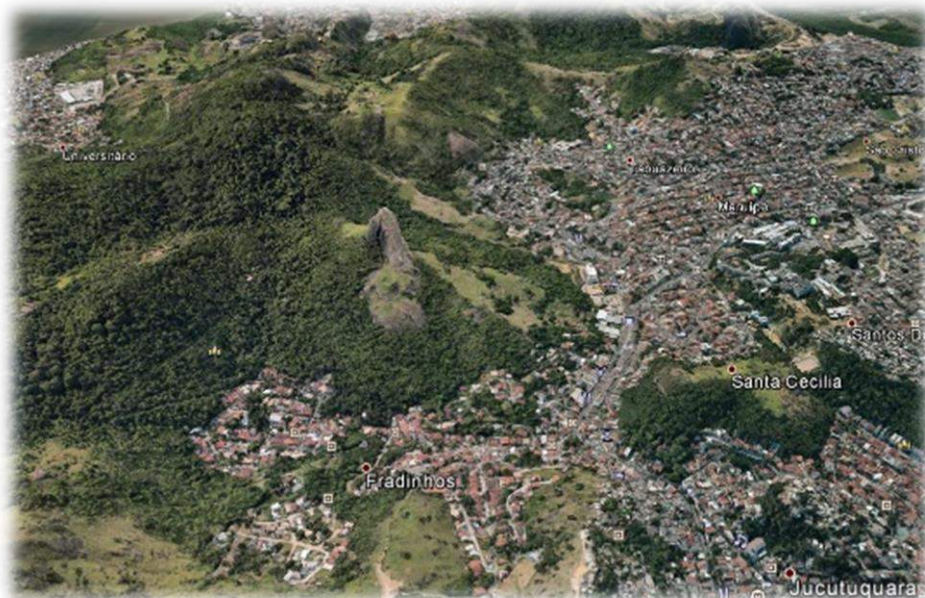
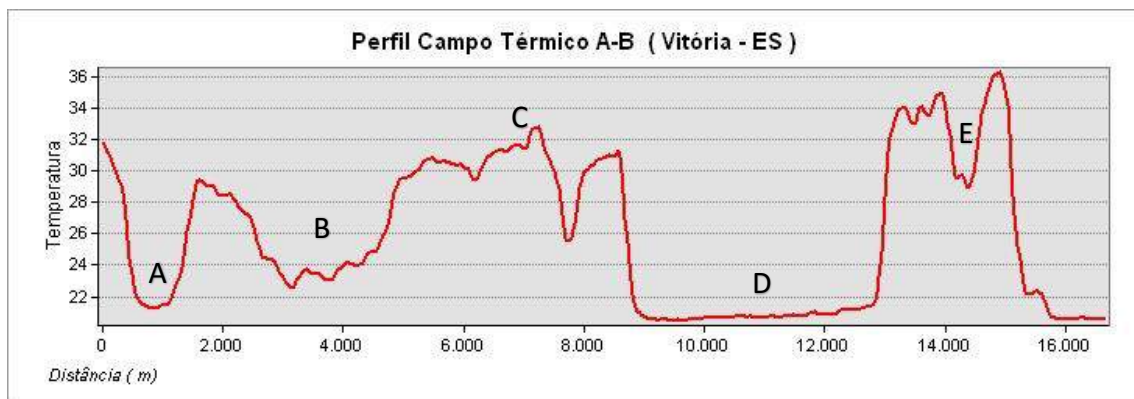
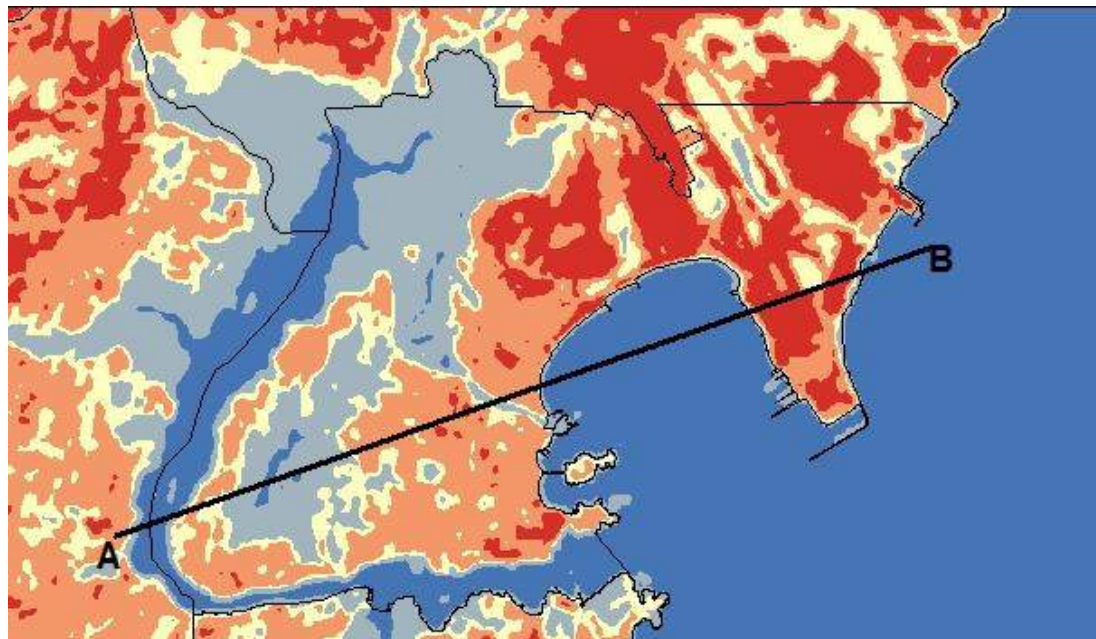


Figura 5. Parque Estadual Fonte Grande: Fonte Google Earth, 2016



Figura 6. Área urbanizada de Vitória: Fonte Google Earth, 2016

No perfil do campo térmico (Figura 7), verifica-se a influência da vegetação como condicionante de atenuação da temperatura. É perceptível a queda na temperatura nas áreas do Parque Estadual da Fonte Grande, onde se encontra uma maior concentração de fragmentos florestais no município, e também nas áreas próximas ao manguezal.



REGIÃO	CARACTERÍSTICAS
A	Região com temperaturas mais baixa representativa do Oceano Atlântico;
B	Região com temperaturas baixas representando a área do Parque da Fonte Grande;
C	Região com temperaturas elevadas representando a área urbanizada;
D	Região com temperaturas baixas representando o Oceano;
E	Região com temperaturas baixas representando as áreas verdes da Vale.

Figura 7. Perfil do Campo Térmico. Fonte da imagem: elaborado a partir de Geobases e IJSN (2016)

Na área urbanizada do município de Vitória observa-se uma atenuação da temperatura na área de vegetação do aeroporto, e nas imediações da área industrial da Empresa Vale, caracterizada por apresentar um cinturão com vegetação preservada.

5 CONCLUSÃO

A partir do mapeamento do campo térmico, os resultados apontaram a influência da urbanização no microclima urbano acentuando os valores de temperatura, e a constatação da redução do calor nas áreas verdes vegetadas, sendo possível verificar que nesses locais foram registradas as temperaturas mais baixas. Assim, é possível afirmar a importância da presença de vegetação na mitigação de ilhas de calor e na promoção de um microclima urbano mais confortável para cidades com características climáticas como Vitória.

Nas áreas de vegetação concentrada, como o Parque Fonte Grande, a temperatura permanece mais amena, enquanto nas áreas urbanizadas esses valores são mais altos. Foi possível verificar que a urbanização existente no município de Vitória tem modificado o microclima, ocasionando conseqüentemente o surgimento de fenômenos microclimáticos, como as ilhas de calor, o que acaba ampliando o desconforto térmico urbano.

O planejamento urbano se torna um fator importante, principalmente na inserção de parques urbanos e de áreas vegetadas no meio urbano, para a melhoria do conforto térmico, visto que os materiais construtivos são responsáveis por aumentar os valores de temperatura. Portanto é importante avaliar a implementação da vegetação nos centros urbanos para melhoria do conforto térmico dos transeuntes, sendo a vegetação na área urbana um componente de atenuação da temperatura, contribuindo na mitigação de ilhas de calor. Recomenda-se a continuidade do estudo para analisar como acontece a influência dos parques urbanos no entorno visando a definição de critérios para a localização dos mesmos a fim de se obtenha o melhor proveito do conforto térmico por eles proporcionados.

6 AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa foi apoiada pela FAPES – Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo, e insere-se no contexto dos trabalhos da rede URBENERE apoiado pelo CYTED Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnologia para el Desarrollo.

REFERÊNCIAS

- Coelho, A. L. N.; Correa, W. de S. C.; Nascimento, F. H. 2013. Uso de produtos de sensoriamento remoto para a classificação e análise de temperaturas de superfície no município de Vila Velha/Es (Brasil), *GeoFocus* (Informes y aplicaciones), nº 13-1, p. 61-76.
- Coelho, N.L.A. & Correa, C.S.W. Temperatura de Superfície Celcius do Sensor TIRS/LandSat – 8 In: Revista Geográfica Acadêmica, online, Boa Vista Vol.7, 2013, ISSN 1678-7226. Disponível em <<http://revista.ufrr.br/index.php/rga/article/view/2996>>.
- Dacanal, C.; Labaki, L.C.; Silva, T. M. L. 2010. Vamos passear na floresta! O conforto térmico em fragmentos florestais urbanos. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 115-132, abr./jun.
- Gartland, L. 2010. *Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas*. Tradução: Sílvia Helena Gonçalves. São Paulo: Oficina de Textos. 248 p.
- Governo do Estado do Espírito Santo. 2016. Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo (GEOBASES). Disponível em <<http://www.geobases.es.gov.br/portal/>>. Acesso em 20 de maio 2016.

- Gonçalves, T. M.; Santos, R. dos (Org). 2016. Cidade e meio ambiente: estudos interdisciplinares. Criciúma, SC: Ed. UNESCO, 2010. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Demográfico 2010. Disponível em: < <http://censo2010.ibge.gov.br/> >. Acesso em 20 de maio de 2016.
- Gusso, A.; Fontana, D. C.; Gonçalves, G. A. 2007. Mapeamento da temperatura da superfície terrestre com uso do sensor AVHRR/NOAA. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, v. 42, n. 2, p. 231-237, fev.
- Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística – IBGE. 2016. Censo Demográfico 2010. Disponível em: < <http://censo2010.ibge.gov.br/> >. Acesso em 20 de maio de 2016.
- Instituto Jones dos Santos Neves – IJSN, aquisição de plano de informação limite municipal. Disponível em: < <http://www.ijsn.es.gov.br/>>. Acesso em: 20 maio de 2016.
- Kottek, M.; Grieser, J.; Beck, C.; Rudolf, B.; Rubel, F. 2006. *World Map of the Koppen-Geiger climate classification updated*. *Meteorol Zeitschrift* 15 (3): 259-26.
- Labaki, L.C.; Santos, R. F. dos; Bueno-Bartholomei, C. L.; Abreu, L. V de. 2011. Vegetação e conforto térmico em espaços urbanos abertos. Fórum Patrimônio: *Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável* (UFMG. Online), v. 5, p. 2.
- Lombardo. M. A. 1985. *Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo*. São Paulo: Huritec.
- Romero, M. A. B. 2000. *Princípios bioclimáticos para o desenho urbano*. São Paulo: Projeto Editores Associados Ltda.
- Silva, B. A.; Xavier, T. C.; Silva, F. T. da; Alvarez, C. E. de. 2015. O impacto da distribuição de vegetação no microclima de ambientes urbanos. In: Euro-ELECS 2015 -Latin American and European conference on sustainable buildings and communities, 2015, Guimarães. Euro-ELECS 2015 -*Latin American and European conference on sustainable buildings and communities*. Lisbon: Printed by Multicomp. v. 1. p. 247-256.
- Sousa, S. B.; Ferreira Junior, L. G. 2012. Relação Entre Temperatura De Superfície Terrestre, Índices Espectrais e Classes de Cobertura da Terra no Município de Goiânia (Go). *RA'EGA - O Espaço Geográfico em Análise*, v. 26, p. 75-99.
- USGS - Geological Survey / Serviço de Levantamento Geológico Americano. Imagens orbitais digitais gratuitas do satélite Landsat-8. Disponível em: < <http://www.usgs.gov/>>. Acesso em 20 de maio 2016.
- USGS - Geological Survey / Serviço de Levantamento Geológico Americano. Aquisição de imagens orbitais digitais gratuitas do satélite Landsat-8. Disponível em <http://landsat.usgs.gov>. Acesso em 20 de maio 2016.
- Shams, J. C. A.; Giacomelli, D. C.; Sucomine, N. M. 2009. Emprego Da Arborização Na Melhoria Do Conforto Térmico Nos Espaços Livres Públicos. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, v. 04, p. 1-16.



Arborização e sustentabilidade urbana: Revitalização da Praça Marechal Floriano, em Passo Fundo/RS

Tayana Brum Pires

Universidade de Passo Fundo, Arquitetura e Urbanismo, Passo Fundo (RS), Brasil

tayana_brump@hotmail.com

Evanisa Fatima Reginato Quevedo Melo

Universidade de Passo Fundo, Departamento de Engenharia Ambiental e Pesquisa, Passo Fundo (RS), Brasil

evanisa9@gmail.com

Francisco Gerhardt Magro

Universidade de Passo Fundo, Mestre em Engenharia Civil e Ambiental, Passo Fundo (RS), Brasil

chicomagro2@hotmail.com

Ricardo Henrique Reginato Quevedo Melo

Universidade de Passo Fundo, Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental, Passo Fundo (RS), Brasil

ricardohquevedo@gmail.com

Rodrigo Henrique Reginato Quevedo Melo

Universidade de Passo Fundo, Engenharia Civil, Passo Fundo (RS), Brasil

rodrigohquevedo@gmail.com

Janaine Gobb

Universidade de Passo Fundo, Arquitetura e Urbanismo, Passo Fundo (RS), Brasil

janainegb@gmail.com

RESUMO: A crescente urbanização e a falta de planejamento resultaram na modificação dos espaços, influenciando na crescente perda da qualidade ambiental. As áreas verdes, além de serem um importante local de convívio, descanso e lazer, também fazem parte da sustentabilidade da cidade. A gestão das áreas verdes deve reabilitar os espaços visando atender as necessidades e o conforto dos usuários de forma planejada ao longo do tempo, uma vez que as praças são parte da infraestrutura urbana. O objetivo foi avaliar a importância que a revitalização da Praça Marechal Floriano proporcionou na população e ao município de Passo Fundo. Foram analisadas as transformações da tipologia das edificações, a preservação da memória histórica e a sustentabilidade relacionada à preservação de uma espécie arbórea em extinção, assim como a permeabilidade e o conforto ambiental que a praça proporciona a este espaço. O local é considerado como a principal praça de Passo Fundo, devido a sua localização central na cidade, funcionando

como ponto nodal e marco urbano além de ser o mais conhecido cartão postal, onde há o “monumento da cuia”. Através da revitalização, a praça voltou a ser um importante marco da cidade, no qual a população passou a utilizá-la novamente como um local de lazer e de passagem. A renovação deste patrimônio proporcionou a manutenção do seu espaço melhorando a paisagem urbana e preservando a memória histórica local, visando manter a sustentabilidade urbana e apropriação do espaço pela população.

Palavras chave *Arborização, Sustentabilidade, Tipologia das Edificações, Patrimônio Histórico, Revitalização, Conforto Ambiental*

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a maioria da população vive em áreas urbanas, as quais geralmente possuem poucos espaços livres de edificação que possibilitam a socialização, o lazer e o contato com a natureza, o que é considerado vital para o equilíbrio psíquico humano (Silva Filho et al., 2002).

Assim o crescimento acelerado do espaço urbano sem planejamento, implicou em profundas mudanças no panorama urbano do país, trazendo problemas sociais e ambientais característicos a quase todas as cidades. A urbanização é uma das maiores causadoras de alterações permanentes nos ambientes naturais e em geral os municípios mantêm uma baixa taxa de similaridade com a paisagem original, tornando o ambiente dificilmente recuperável ao que era antes (Marzluff & Ewing, 2001; Mota, 2002).

Conforme Leite & França (2007), a urbanização acelerada tem resultado em cidades precárias e caóticas, apontando para uma problemática econômica, ambiental e social. No Brasil, o diagnóstico geral da urbanização, identificou pontos críticos para o desenvolvimento urbano sustentável, evidenciando entre eles o agravamento dos problemas urbanos e ambientais das cidades, decorrentes de adensamentos desordenados, ausência de planejamento, ausência de serviços e recursos, obsolescência da infraestrutura e dos espaços construídos, padrões atrasados de gestão e agressões ao ambiente (Nigro, 2007).

Maricato (2000) afirma que a teoria do planejamento urbano, representado pela legislação, não condiz com a produção do espaço real, e o planejamento estratégico considera o eleitor como consumidor e a mercadoria é a imagem da cidade. Corroborando Jacobs (2011) sugere que o planejamento urbano deveria utilizar as experiências reais das cidades e, através da análise dos resultados obtidos com certas ações, aprender para poder formular soluções contemporâneas que sejam efetivas. E assim, utilizar instrumentos de gestão para efetivar este planejamento.

Os espaços abertos, a rua e a praça, são o local de encontro por excelência, dos quais depende a manutenção das relações na cidade e da sociedade, sobretudo no momento em que 80% de população brasileira vive em área urbana (Jacobs, 2011). Por isso deve-se pensar em soluções que promovam o resgate da qualidade de vida nas cidades e a redução dos impactos ambientais, tanto no nível da produção de resíduos, como no do consumo de recursos naturais (energia, água). Assim, o processo de urbanização deve ser fundamentado no redirecionamento do atual padrão de produção e consumo do espaço

urbano, a partir da otimização da relação do homem com o meio natural (Barbirato et al., 2015).

À medida que as praças não exercem a sua função perante a sociedade, ou ainda, que sejam motivos de preocupação, em virtude da falta de segurança, por exemplo, torna-se necessário realizar intervenções. Portanto, o processo de revitalização surge como uma solução ao poder público para reintegração deste local ao ambiente urbano (Monteiro, et al., 2013). De acordo com Oliveira (2008), revitalizar um local consiste em um conjunto de medidas que visam criar nova vitalidade, dar novo grau de eficiência, ou seja, reabilitar. Para a realização deste processo tornam-se necessários inúmeros estudos e planejamentos, que busquem verificar a melhoria que pode ser feita, de forma a aumentar a qualidade deste ambiente, em diversos níveis, estéticos, ambientais, sociais, econômicos.

O objetivo do presente artigo foi avaliar a importância que a revitalização da Praça Marechal Floriano proporcionou na população e ao município de Passo Fundo, levando em consideração o planejamento urbano, a sustentabilidade, a preservação da memória histórica e o conforto ambiental que a praça gera para a cidade.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os espaços livres são de grande importância no planejamento urbano, especialmente na promoção de sua ambiência em derivação do desempenho da vegetação presente. Assim, a pesquisa foi realizada na cidade de Passo Fundo, localizada na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul, em região de planalto (687 m de altitude), com clima subtropical úmido, temperatura média de 17,5 °C e índice pluviométrico de 1787,8 mm/ano. Sua população é de 196.793 habitantes a densidade demográfica de 235,95 hab/km² e a área da unidade territorial é 783,421 km² (IBGE, 2015). A Praça Marechal Floriano, objeto do presente estudo, é considerada a principal área verde da cidade, em virtude da sua localização na parte central, no “coração da cidade”, e por ser uma das primeiras praças da cidade, na frente à Catedral Nossa Senhora Aparecida. As ruas que estruturam a praça e servem como limite da área são: Rua Moron, Rua Bento Gonçalves, Rua Independência e Avenida General Neto.

O estudo foi desenvolvido por meio de uma análise geral da visual da Praça, de forma a comparar as mudanças realizadas na revitalização. Houve também um levantamento fotográfico para avaliar a mudança na tipologia das edificações do entorno, com isso, formou-se um banco de dados. Para avaliar a percepção dos usuários da Praça, realizou-se um questionário avaliativo da opinião dos mesmos em relação a diversos elementos do local, tais como monumentos históricos, segurança, iluminação, arborização, visuais do local, condições de limpeza, entre outros. Os questionários foram aplicados em duas etapas, antes da revitalização, no ano de 2012 e depois da revitalização, no ano de 2015, sendo entrevistadas 50 pessoas de diversas idades e sexos em cada uma das épocas, de forma a verificar o impacto que a revitalização proporcionou aos seus usuários.

A fim de avaliar o conforto ambiental, fez-se o levantamento da vegetação existente, do nível de ruídos e da temperatura, a qual é uma variável climatológica influenciadora para o conforto que esta área causa no meio que está inserido. Os níveis de ruído e a temperatura, foram medidos nas épocas de solstícios de inverno e de verão e nos equinócios de outono e primavera, nos anos de 2012 e 2015, nos períodos da manhã e da tarde. As medições

foram realizadas com o auxílio do equipamento termo higrômetro (THDL 400), de acordo com a NBR 10151. Para assim ser desenvolvido, foram determinados 11 pontos de medição distribuídos pela praça, em lugares ensolarados e sombreados. Para auxiliar na avaliação dos dados, foram utilizadas planilhas no Excel, georreferenciamento da área na plataforma ArcGIS, além do levantamento fotográfico realizado no local.

A partir destas informações, relacionaram-se os elementos analisados com a massa verde pertencente à área de pesquisa, para que se possa determinar a sua interferência no desempenho dos espaços urbanos. Estes fatores tornam possível determinar a ambiência por parte dos usuários, o que influencia no seu conforto e permanência, além da capacidade de promoção de uma dinamização dos espaços urbanos e da avaliação das mudanças ocorridas durante os anos de 2012 e 2015.

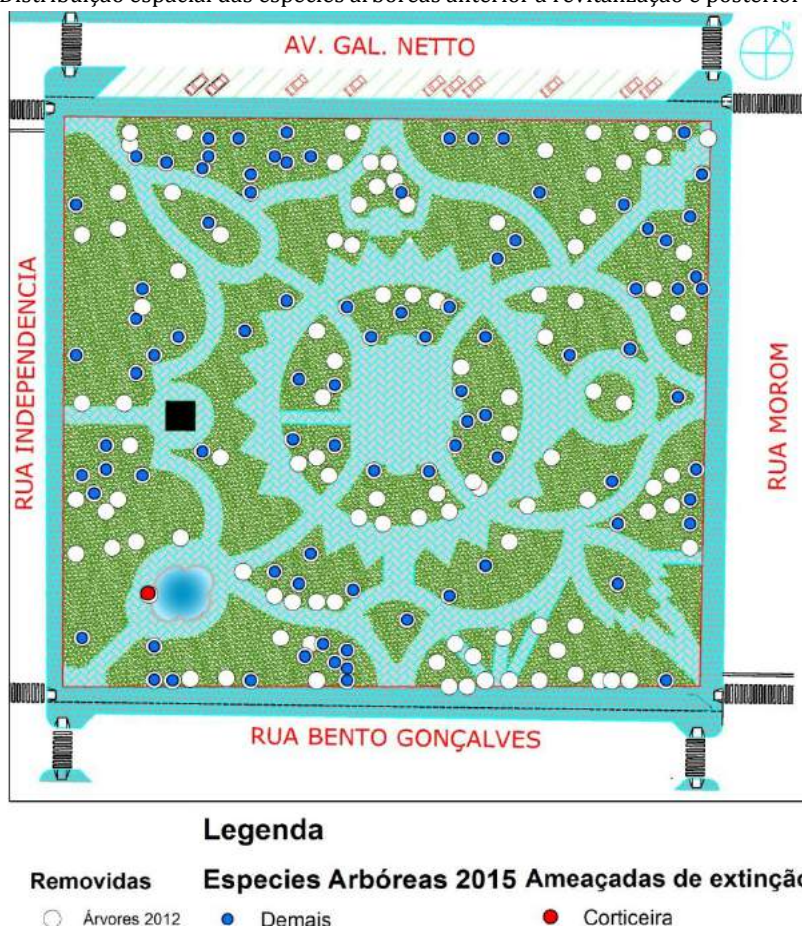
3. DISCUSSÃO

A análise do entorno da Praça Marechal Floriano considerando o ano de 2012 e 2015 ocorreram algumas mudanças no uso. Houve alteração especialmente em relação a instituição de ensino que foi substituída por um comércio e quanto ao uso misto aumentaram três edificações que eram inicialmente classificadas como comércio, em função da construção de edificações em altura.

No inventário botânico realizado na praça no ano de 2012 foram identificadas 215 árvores e em 2015 encontra-se 150 árvores, pois houve a autorização para a retirada de alguns exemplares que apresentavam risco, problemas fitossanitários e outras em função de queda por evento climático (vento). Dessa forma houve a retirada de 30,5% da vegetação arbórea o que em alguns quadrantes da praça aumentaram a luminosidade interna e ampliaram as visuais internas (Fig. 1).

Na vegetação da praça há exemplares de grande valor para o patrimônio histórico e cultural, com a presença de diversas espécies arbóreas características da flora nativa do Rio Grande do Sul, como o ingá, canela, branquilha, pitangueira, primavera, erva-mate, gerivá, araucária, ipês e corticeira do banhado.

Figura 1- Distribuição espacial das espécies arbóreas anterior a revitalização e posterior a mesma.



Dentro deste contexto e pela importância da espécie *Erythrina crista galli* (corticeira do banhado) ameaçada de extinção sugere-se o tombamento como patrimônio vegetal pelo município de Passo Fundo, visto que há um Decreto Municipal que permite essa ação, onde há algumas árvores tombadas no município, mas há a necessidade de proteger e garantir o desenvolvimento dessa espécie que é um marco e pode ser utilizada como exemplo em atividades de educação ambiental e em programas de sustentabilidade.

Quanto as variáveis climáticas especialmente a temperatura quando comparado os dois período percebe-se que as maiores variações ocorreram no período da manhã, com amplitude de variação de 6°C de 2012 em relação a 2015, para o outono, primavera e verão, enquanto que no inverno não apresentou diferença. Entretanto no período da tarde no inverno apresentou uma queda de 6°C e no verão ocorreu a maior diferença com uma amplitude de 9°C, podendo-se deduzir que a retirada da vegetação contribuiu para a alteração climática da praça, confirmando a influencia na melhoria do conforto térmico. Segundo Romero (2001), albedo baixo e condutividade alta criam microclima suave e estável graças a ação da vegetação. Assim as árvores melhoram o microclima e conforto térmico, pela radiação da incidência direta da radiação solar. Desse modo pode-se dizer que houve variação com aumento nas condicionantes climáticas (temperatura) no outono, primavera e verão. Em relação a análise do ruído sonoro também ocorreram alterações em torno de 4 a 10 decibéis, sendo o período do outono os maiores valores. A análise verificou ser uma área de grande fluxo de veículos e o entorno se caracteriza predominantemente

como comércio, além de ter uma parada de ônibus, que ao longo dos anos aumentou a frota veicular e o número de linhas que utilizam este ponto.

Analisando o traçado da praça observa-se uma alteração nos caminhos em relação a rua Bento Gonçalves no ponto onde está localizada a parada de ônibus, indicando a apropriação dos usuários por um caminho alternativo que foi pavimentado por ocasião da requalificação da praça. Outra necessidade era em relação a questão histórica dos monumentos. Assim as ações realizadas, com a revitalização no lago e chafariz presentes na praça, os quais estavam abandonados; o entorno da Cuia e o monumento foi modernizado, com pintura nova; melhorou a visual de forma agradável destacando os elementos (Fig. 2).

Figura 2: Revitalização do lago e do espelho d'água da Praça Marechal Floriano e comparação da modernização do monumento da Cuia, símbolo e cartão postal da cidade.



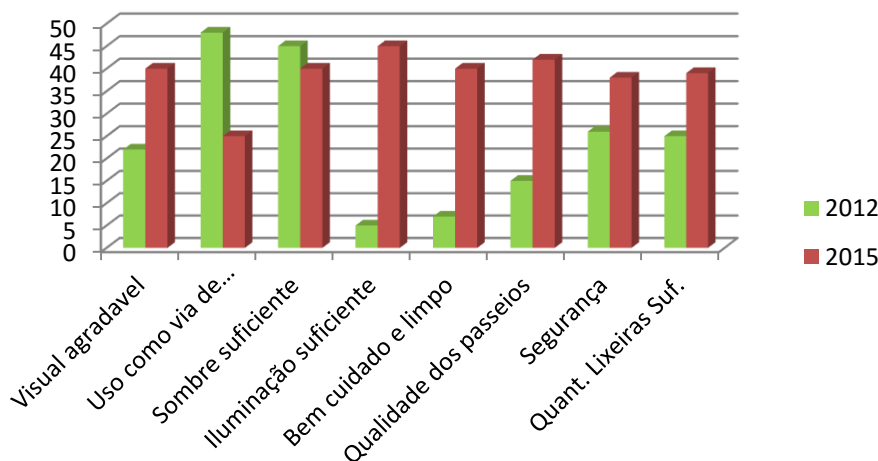
Fonte: PMPF (2013).

A percepção referente à revitalização da Praça foi avaliada em dois momentos, antes e depois da obra, nos anos de 2012 e 2015 (Fig. 3). No ano de 2012, verificou-se um anseio pela melhoria do espaço, especialmente quanto aos monumentos, iluminação, segurança e passeios, além do visual da Praça, uma vez que a grande maioria utilizava apenas como de passagem e não considerava o local agradável devido a falta de conservação. A avaliação dos resultados após a reforma demonstra a mudança nesse panorama, uma vez que, percebe-se que a maioria dos entrevistados passou a considerar a Praça bem cuidada e

limpa, com visual agradável, sendo que a iluminação e os passeios foram classificados como suficientes e conservados. Além disso, verifica-se que a segurança melhorou após a revitalização, em virtude, principalmente, da melhoria da iluminação e da presença de seguranças no local. Verifica-se maior permanência da população, sendo que esta passa a sentir prazer em frequentar este local tanto para lazer quanto descanso, melhorando assim, a qualidade de vida da sociedade diminuindo o estresse. Evidenciando que com planejamento é possível qualificar os espaços públicos solucionando questões de infraestrutura e respeitando a vegetação.

A iniciativa de revitalização de um local é uma atitude necessária, entretanto, as obras depois de finalizadas devem receber manutenção periódica, tanto nos elementos de responsabilidade do poder público, quanto à população, a qual deve adotar práticas de preservação e manutenção destes locais.

Figura 3: Comparativo entre a opinião dos usuários da Praça antes e depois da sua revitalização.



4. CONCLUSÕES

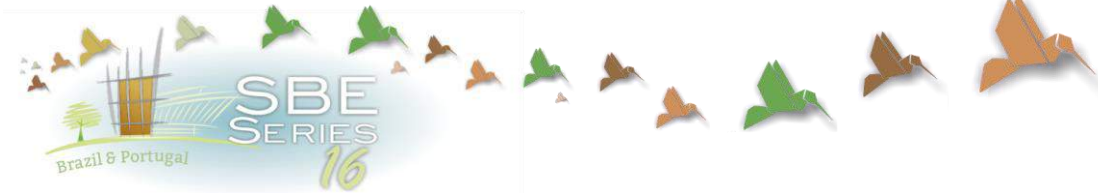
A revitalização da Praça Marechal Floriano permitiu o resgate da memória histórica local, sendo um ponto nodal e marco urbano, conhecido como cartão postal devido ao monumento da cuia. A população voltou a utilizar a praça como espaço de lazer, descanso e contemplação, melhorando a qualidade de vida diminuindo o estresse e contribuindo para a sustentabilidade ambiental, voltando a ser um ponto de encontro da comunidade.

A renovação deste patrimônio proporcionou a manutenção do seu espaço melhorando a paisagem urbana e preservando a memória histórica local, visando manter a sustentabilidade urbana e apropriação do espaço pela população, destacando a importância da preservação de espécies ameaçadas de extinção que estão muito próximas podendo ser reconhecidas e utilizadas pela população.

A praça faz parte da infraestrutura urbana contribuindo para a sustentabilidade da cidade e minimizando o impacto da ilha de calor com a preservação do patrimônio vegetal existente.

REFERÊNCIAS

- BARBIRATO, Gianna Melo et al. ESPAÇOS LIVRES E MORFOLOGIA URBANA: DISCUSSÕES SOBRE INFLUÊNCIAS NA QUALIDADE CLIMÁTICA E SUSTENTABILIDADE URBANA A PARTIR DE ESTUDOS EM CIDADES NO ESTADO DE ALAGOAS – BRASIL. *Revista Paisagem e Ambiente*, São Paulo, v. 36, p.49-68, jan. 2015. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/paam/issue/view/7942/showToc>>. Acesso em: 18 maio 2016.
- BEZERRA, Aline Maria Marques; CHAVES, César Roberto Castro. Revitalização Urbana: Entendendo o processo de requalificação da paisagem. *REVISTA DO CEDS: Periódico do Centro de Estudos em Desenvolvimento Sustentável da UNDB*. São Luís, v. 1, n. 1, p. 1-2. 01/08/2014. Disponível em: http://www.undb.edu.br/publicacoes/arquivos/rev_ceds_n.1_-_revitaliza%C3%A7%C3%A3o_urbana_entendendo_o_processo_de_requalifica%C3%A7%C3%A3o_da_paisagem_-_aline_bezerra.pdf.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [Internet]. Passo Fundo; s.d. [atualizado 2015; 18/08/2016]. <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=431410>.
- JACOBS, Jane. Introdução. In: _____. *Morte e vida de grandes cidades*. 3ª edição. São Paulo: Martins Fontes, 2011. p.1-26.
- LEITE, Marcos Esdras; FRANÇA, Iara Soares de. Caminhos de Reflexões Sobre a Sustentabilidade
- LENGEN, Johan Van. *Manual do Arquiteto Descalço*. São Paulo: Empório do Livro, 2009, p. 710.
- MARICATO, Ermínia. As idéias fora do lugar e o lugar fora das idéias: planejamento urbano no Brasil. In: ARANTES, Otilia; VAINER, Carlos B.; MARICATO, Ermínia. *A cidade do pensamento único: desmanchando consensos*. Petrópolis: Vozes, 2000.
- MONTEIRO, M. M. G.; TETTO, A. F.; BIONDI, D.; SILVA, R. R. S. Percepção dos usuários em relação à arborização da Avenida Cândido de Abreu – Curitiba –PR. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, v. 8, n.2, p. 20 -34, 2013.
- MOTTA, F.L. *Desenho e emancipação*. São Paulo: Fauusp, 1970.
- NIGRO, Carlos. *Planos Diretores*. Paraná, 2007.
- OLIVEIRA, R. D. Revitalização patrimonial. *Revista Patrimônio: Lazer & Turismo*. Santos, n. 3, jul./set. 2008.
- PEREIRA, Iacimary Socorro de Oliveira. As políticas públicas de revitalização urbana e a localização das classes sociais: o caso de Belém - PA. 2009. 284 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo)-Universidade de Brasília, Brasília, 2009.
- Romero, Marta Adriana Bustos. *Arquitetura bioclimática do espaço público*. Brasília: UnB, 2001.
- SACHS, Ignacy. “Estratégias de transição para o século XXI – desenvolvimento e meio ambiente”. In: BURSZTYN, M. (org.). *Para pensar o desenvolvimento sustentável*. 1ª ed. São Paulo: Brasiliense, 1993 in JESUS, Tânia S. de; SOUZA, Rosemeri Melo e. *Ambiente Urbano e Qualidade de Vida – Uma Análise da (In)Sustentabilidade na Cidade de Nossa Senhora da Glória/SE*. São Cristóvão - SE, 2007.
- SILVA FILHO, D.F. da; PIZZETTA, P.U.C.; ALMEIDA, J.B. S.A. Banco de dados relacional para cadastro, avaliação e manejo da arborização em vias públicas. *Revista Árvore*, v.26, n.5, p.629-642. 2002.
- SMOLKA, M. Velhas novidades na agenda do Banco Mundial para a política urbana nos anos 1990. In: GONÇALVES, M.F. (org) *O novo Brasil Urbano*. Porto Alegre, Mercado Aberto 1995.



Avaliação e Caracterização dos Espaços Livres no *Campus* de Goiabeiras/UFES (Brasil)

Gabriela da Conceição Bolssoni

Federal University of Espírito Santo, Planning and Project Laboratory, Vitória (ES), Brazil

gabriela_bolssoni@hotmail.com

Juliana Amaral Dias Vieira

Federal University of Espírito Santo, Planning and Project Laboratory, Vitória (ES), Brazil

juliana.ama.dias@hotmail.com

Laryssa Teixeira de Aquino Hülle

Federal University of Espírito Santo, Planning and Project Laboratory, Vitória (ES), Brazil

laryssahulle@gmail.com

Ricardo Nacari Maioli

Federal University of Espírito Santo, Planning and Project Laboratory, Vitória (ES), Brazil

ricardo.maioli@ufes.br

Paulo Sergio de Paula Vargas

Federal University of Espírito Santo, Planning and Project Laboratory, Vitória (ES), Brazil

paulo.s.vargas@ufes.br

RESUMO: Os espaços livres públicos do *campus* Alaor de Queiroz Araújo (também chamado *campus* de Goiabeiras) da Universidade Federal do Espírito Santo, localizado em Vitória-ES, são considerados elementos qualificadores da sua infraestrutura física e desempenham papel relevante na configuração da ambiência necessária ao pleno desenvolvimento acadêmico, uma vez que, em grande parte, são destinados à permanência, fruição e descanso, bem como a interação e integração dos usuários deste *campus*, especialmente a comunidade universitária, mas também o público externo que procura desfrutar das amenidades ali presentes. Por essa razão, foi desenvolvido um estudo específico sobre essas áreas, como parte da revisão do Plano Diretor Físico desse *campus*. O objetivo geral do trabalho de pesquisa aqui exposto foi o de identificar e avaliar as áreas propícias ao encontro e/ou permanência dos usuários no *campus*, classificando-as segundo o seu grau de importância e apropriação efetiva por parte dos mesmos, a fim de estabelecer diretrizes para o crescimento e ampliação da infraestrutura física, especialmente a construção de novas edificações, concernentes com a preservação destes espaços. De acordo com os procedimentos previamente estabelecidos, foram identificadas as áreas com uso consolidado – ou com potencial para tanto – caracteristicamente de integração, onde foram observados diversos aspectos qualificadores do espaço, tais como: arborização, mobiliário,

pavimentação, manutenção do espaço, iluminação, acesso, dentre outros. Foram então realizadas coletas e análises de dados, obtidos através de visitas periódicas a estas áreas em diferentes pontos, dias e horários, com auxílio de registros fotográficos, anotações e aplicação de questionários junto aos usuários, além da observação do comportamento dos mesmos nestes locais. A partir da coleta de dados em campo e outras informações pesquisadas, foram atribuídas classificações aos espaços em estudo e procedida a avaliação dos aspectos negativos e positivos presentes em cada um dos locais investigados estabelecendo as características comuns mais relevantes entre os mesmos.

Palavras chaves *Caracterização, espaços livres, campus universitário.*

1. INTRODUÇÃO

A pesquisa reportada nesse artigo foi desenvolvida para auxiliar no planejamento urbanístico do *campus* Alaor de Queiroz Araújo da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), localizado em Goiabeiras, Vitória – ES, Brasil. O referido trabalho assenta a sua importância a partir da constatação do processo atual de reconfiguração espacial do *campus* de Goiabeiras, com a implantação de novas edificações aproveitando os espaços remanescentes entre antigas construções, resultando, em alguns casos, na redução acentuada dos espaços livres pré-existentes que progressivamente vão se tornando cada vez mais escassos, em prejuízo das áreas livres utilizadas pelos usuários deste *campus*.

Observa-se que nos últimos anos, o *campus* vem passando por um crescimento acelerado da sua infraestrutura física, decorrente dos processos de expansão das universidades, que tem dado ensejo à localização de um número crescente de novas edificações aproveitando os espaços livres remanescentes.

O Plano Diretor Físico do Campus Universitário Alaor de Queiroz Araújo da UFES (2008), visa o ordenamento da expansão das áreas construídas e respectivas atividades, fazendo a adequação das disposições urbanísticas locais com as exigências e diretrizes gerais do Plano Diretor Urbano de Vitória, além de que o uso e ocupação do solo serão submetidos à disponibilidade de espaço e à capacidade do sistema de infraestrutura instalada, compatibilizado com as condições do meio ambiente local, considerando-se, assim, áreas onde a ocupação pode ser intensificada e outras, onde deve ser limitada.

Segundo Lamas (2000), o planejamento urbanístico deve controlar e organizar o desenvolvimento espacial, utilizando-se de soluções para um conjunto de problemas, fazendo com que os espaços de vivência sejam acrescentados ao território e não diminuídos. Assim, o planejamento do crescimento dos espaços construídos e das áreas livres é fundamental para proporcionar qualidade físico-ambiental a um determinado espaço urbano, especialmente quando se trata de praças ou espaço de permanência das pessoas, especialmente dentro da universidade (DEL RIO, 1999). Desta forma, a partir da análise da configuração espacial existente no campus foi realizada a identificação e a classificação dos espaços livres buscando apontar soluções que garantam a sua permanência ou mínima interferência, visando a garantia da sua oferta e adequada apropriação pelo público usuário.

Em certa medida, se pode observar que os espaços livres existentes, para além da sua forma física e de sua localidade, possuem características específicas correspondentes às especificidades de cada lugar que convidam aos usuários das proximidades e os passantes,

mesmo que esses não sejam visíveis ou não percebidos externamente, a estabelecer uma relação maior e mais íntima entre a área e os seus frequentadores. Para Queiroga (2011), a paisagem ou o espaço não é apenas resultado dos processos sociais, mas eles também se configuram enquanto elementos fundamentais para a qualificação urbana, devendo se considerar a importância e a contribuição que podem ser ensejadas a partir de proposições de qualificação urbana ou mesmo de reestruturação feita em menor escala.

A relação que se estabelece entre o público, tanto interno quanto externo da universidade, com os espaços existentes, conduz à reflexão sobre o objetivo da forma como esta relação se dá, no processo de mediação entre os valores humanos e o local, que vão caracterizando o seu desempenho, normalmente decorrentes do efeito do conjunto de atividades que se estabelece em cada espaço considerado, a partir das características físicas do local e dos indivíduos que o ocupam. Pressupondo que o *campus* pode ser considerado como uma cidade educadora e formadora de profissionais, a adequada estruturação dos espaços de vivência é fundamental para o conforto e desenvolvimento psíquico e educacional dos seus usuários, pois trata-se dos propósitos humanos expressos nestes locais, capazes de influenciar nas relações futuras que os mesmos irão estabelecer no mercado de trabalho ou nos assuntos relacionados (LYNCH, 2007).

Dessa forma, de acordo com Heemenn e Santiago (2015), são espaços públicos bem-sucedidos aqueles que proporcionam pontos de encontro entre pessoas de idades, gêneros e culturas diferentes, sendo locais onde ocorrem as trocas sociais e se realizam as celebrações, transformando-se em um palco para a vida pública. Então, é fundamental que seja acessível a qualquer usuário, ativo, oferecendo diferentes atividades e formas de se usar o espaço, confortável através da adaptação de mobiliário adequado e valorização das vistas, e, acima de tudo, um lugar sociável.

Constata-se, enfim, que para uma melhor interação, convívio e bem-estar da comunidade universitária do *campus* de Goiabeiras, é necessário que sejam mantidos espaços de vivência agradáveis e sustentáveis, proporcionando possibilidades de contemplação da paisagem ao seu redor e melhorando, caso necessário, a sua conexão com outros espaços do entorno e a acessibilidade dos indivíduos dos centros acadêmicos, garantindo a possibilidade de interação e o convívio harmônico entre os usuários e o espaço por eles utilizados, nas mais diversas formas de apropriação.

Por fim, os espaços que foram identificados e classificados no levantamento levado a efeito, são, na maioria, próximos aos centros acadêmicos ou próximos a locais que possuem atrativos para o público universitário e para o público externo frequentador da área. A partir dos levantamentos e das análises realizadas, os espaços livres foram classificados e ordenados, identificando os locais mais importantes que funcionam como elementos atrativos de pessoas e promotores dos processos de interação de grupos. Desse modo, é possível estabelecer diretrizes para a preservação e requalificação desses espaços, de modo a garantir que o crescimento da infraestrutura física da universidade, a partir da expansão de novas áreas construídas, possa ocorrer preservando, na medida do possível, essas áreas, a partir do reconhecimento da importância do seu significado e representatividade tanto para o convívio, como para a identidade local e o imaginário coletivo dos usuários do *campus*, sendo necessário que o crescimento futuro das instalações universitárias ocorra respeitando a preservação desses espaços e os valores a eles associados.

2. OBJETIVO

A pesquisa realizada teve como objetivo geral identificar e avaliar as áreas propícias ao encontro e/ou permanência dos usuários no *campus*, com o propósito de estabelecer diretrizes para revisão do Plano Diretor Físico do Campus Alaor de Queiroz Araújo – Goiabeiras, apontando um conjunto de áreas livres passíveis de serem mantidas e/ou requalificadas, visando a melhoria e o desenvolvimento das condições físico-ambientais do campus, garantindo áreas de fruição e permanência dos usuários, de maneira integrada com o planejamento da expansão da sua área edificada.

3. METODOLOGIA

Para o levantamento proposto foi adotada a metodologia denominada Avaliação Pós-Ocupação (APO). A adoção da metodologia APO pressupõe um processo interativo, estruturado e rigoroso de avaliação de desempenho dos espaços físicos, após sua construção e ocupação. A aplicação desta metodologia se desenvolve através da consolidação de estudos e pesquisas sobre a relação usuário-ambiente, avaliando, assim, a influência e as consequências das decisões projetuais no desempenho do ambiente investigado (RHEINGANTZ et al., 2009). Consoante esta metodologia foram desenvolvidas três etapas de trabalho ao longo da pesquisa:

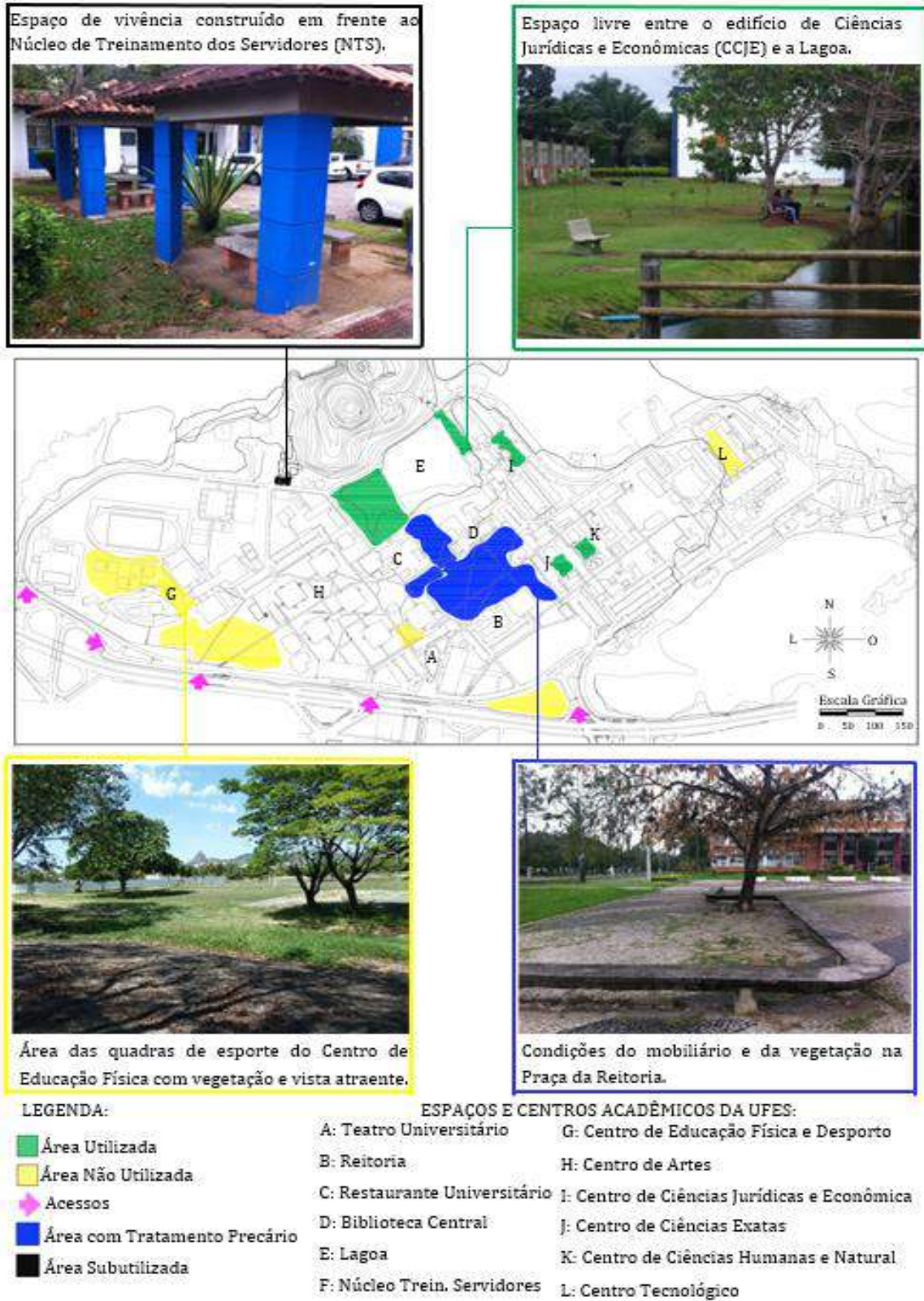
1. Levantamento dos espaços livres do Campus de Goiabeiras, da Universidade Federal do Espírito Santo, com potencial paisagístico e de permanência, por meio de visitas, fotografias e mapeamento do local.
2. Aplicação de questionários aos usuários desses espaços, na expectativa de aferir a percepções subjetivas e avaliação valorativa dos espaços por eles frequentados.
3. Análise comparativa entre o que foi observado durante a etapa 1 e as respostas dos usuários.

3.1 Levantamento dos espaços livres

O levantamento dos espaços livres do Campus de Goiabeiras – UFES foi realizado por meio de visitas *in loco*, que permitiram identificar áreas propícias ao encontro e permanência dos usuários no *campus*. Nessas visitas foram observados o fluxo e permanência de pessoas nos locais levantados, ao longo de vários dias do semestre letivo e em horários distintos. Também foram feitos registros fotográficos e anotações a fim de se identificar e caracterizar as áreas de estudo.

Nessas áreas foram analisados os seguintes indicadores: arborização, ventilação, tratamento paisagístico, sombreamento, pavimentação, mobiliário urbano, manutenção dos espaços, entre outras características. Desse modo, foi possível agrupar e categorizar os espaços em quatro áreas distintas: área utilizada, não utilizada, utilizada com tratamento precário e subutilizada (Figura 1).

Figura 1: Localização dos espaços em estudo



Fonte: Os autores

3.1.1 Área utilizada

Definida como aquelas áreas que já vem sendo utilizadas em menor ou maior graus, com potencial para se tornarem espaços de permanência agradável e adequados ao encontro das pessoas, seja por algum atrativo localizado próximo, como cantina e mobiliários, como ocorre na a área próxima à Cantina do Centrto de Ciências Jurídicas e Econômicas (CCJE), ou ainda, pelas características naturais que conferem qualidades próprias ao local, tais como ventilação, arborização, sombreamento ou possibilidades contemplativas com vistas para cenários paisagísticos de interesse ou beleza relevante, como é o caso da área livre situada nas proximidades da Lagoa existente na porção centro-oeste do campus. Outro fator determinante para o enquadramento nesta categoria foi a identificação de espaços livres situados próximos aos centros de ensino, como são por exemplo as regiões entre os edifícios do Centros do Centro de Ciências Humanas e Naturais – CCHN, que apesar de não apresentarem atrativos relevantes estão localizadas em espaços de fluxo intenso das pessoas.

3.1.2 Área subutilizada

Foram definidas como áreas subutilizadas aquelas que possuem potencialidades, principalmente em virtude dos aspectos naturais, tais como proximidade de regiões arborizadas, bem ventiladas e sombreadas, porém se apresentam ainda com um baixo índice de apropriação pelos usuários do campus. Normalmente são área subutilizadas, seja pela distância em relação aos principais eixos de fluxos de pessoas dentro do *campus* ou em virtude das condições precárias de equipamento e manutenção/conservação de mobiliários ou mesmo a falta destas facilidades e outros condicionantes. Nesta categoria se enquadram, por exemplo, as seguintes áreas: área próxima as quadras de esporte do Centro de Educação Física e Desporto - CEFD, área em frente ao Restaurante Universitário - RU, área entre os CEMUNI V e VI e entre os Cemunis I, II, III, IV, do Centro de Artes - CA, área entre os edifícios do Centro Tecnológico (CT), área arborizada e/ou gramadas situadas defronte ao Centro de Educação Física e Desportos – CEFD e próximo ao acesso Norte do campus ao longo do trecho do anel viário paralelo à Av. Fernando Ferrari.

3.1.3 Área utilizada com tratamento precário

São áreas que necessitam de atenção, devido à falta de tratamento, planejamento e/ou manutenção adequada, que acabam contribuindo negativamente para a permanência e apropriação dos espaços pelos usuários naqueles locais. Nestas áreas, em função das condições atuais de organização do espaço e falta de infraestrutura adequada, muitas vezes, nem mesmo a localização privilegiada é suficiente para consolidar a permanência nesses espaços. Exemplo disso, é a Praça da Reitoria que mantém índice muito baixo de concentração e permanência das pessoas e o espaço remanescente, na lateral do Restaurante Universitário - RU, que atualmente vem sendo utilizado como estacionamento.

3.1.4 Área não utilizada

De modo geral, o maior problema observado nos espaços livres da universidade encontra-se associado à falta de planejamento, introdução de equipamentos/mobiliários ou manutenção. Todavia, há espaços que possuem boa infraestrutura e encontram-se subutilizados. Isso se deve, principalmente, a sua localização, muitas vezes distante dos

centros acadêmicos e dos pontos de maior fluxo de pessoas. Exemplo disso, pode ser encontrado em frente ao Núcleo de Treinamento de Servidores – NTS, situado na porção sudoeste do campus.

3.2 Aplicação de questionários

A partir do conjunto de áreas identificadas, foi possível definir os locais de aplicação dos questionários. Um dos fatores limitantes para a seleção das áreas, foi a dificuldade de encontrar usuários em alguns dos espaços referidos, nos períodos de realização das visitas. Em algumas áreas como, por exemplo, as definidas como subutilizadas, não foi possível a aplicação dos questionários devido à ausência de usuários no local. Isso fez com que os questionários fossem aplicados somente nos locais onde se encontrou algum usuário presente, nos períodos em que estes espaços foram visitados, delimitando e condicionando a pesquisa.

Todavia, foi possível tomar partido disso para se chegar a algumas conclusões acerca das condicionantes que definem o uso e apropriação dessas mesmas áreas. Considerando as limitações assinaladas, os questionários foram aplicados nos seguintes locais: área do afloramento rochoso próximo ao edifício CEMUNI III, área verde próxima à Lagoa, área próxima à Cantina do Centro de Ciências Jurídicas e Econômicas - CCJE, área entre os edifícios do Centros Tecnológico - CT, área próximo ao Centro de Educação Física, Praça do Cine Metrópolis, Praça do Restaurante Universitário - RU, área entre os edifícios IC I e IC II e entre IC III e IC IV, nos Centros de Ciências Exatas - CCE e Centro de Ciências Humanas e Naturais - CCHN.

A aplicação dos questionários cobriu um universo de 110 pessoas, das quais 101 responderam o questionário de forma completa e 9 não responderam todas as questões. Os questionários foram estruturados a partir de 19 questões fechadas que buscavam avaliar aspectos como: dimensão do espaço, relação do local com o entorno, ventilação, atratividade, pavimentação, temperatura, campos visuais, manutenção, iluminação, entre outros aspectos, avaliados por meio dos parâmetros: muito bom, bom, regular, ruim e muito ruim. Os questionários continham também três questões abertas, que possibilitavam ao usuário demonstrar seu ponto de vista sobre o local, através da descrição do mesmo e sobre a sua intenção de continuar a frequentá-lo considerando as condições atuais do mesmo.

Para assegurar resultado mais adequado da pesquisa, o questionário foi aplicado em cada local três vezes por dia, fazendo visitas pela manhã, por volta das 9h, próximo ao intervalo do almoço (12h/13h) e na parte da tarde, geralmente por volta das 16h.

A escolha deste método, para uma análise mais qualificada dos espaços livres na Universidade, se deu principalmente devido ao fato de ser rápido, com baixo custo no investimento de recursos materiais e humanos, possibilidade de trabalhar concomitantemente em diversas áreas, possuir caráter impessoal, propiciando liberdade de respostas, segurança e anonimato dos respondentes, favorecendo, desse modo, uma maior uniformidade na avaliação. Além disso, permitiu obter dados sobre aspectos positivos e negativos na avaliação das áreas consideradas no estudo, privilegiando o ponto de vista dos usuários e a confrontação desses dados com a avaliação técnica elaborada pela equipe de pesquisadores.

3.3 Análise comparativa entre a observação e a opinião dos usuários

A partir da análise dos dados coletados por meio das visitas *in loco* e da aplicação dos questionários aos usuários desses espaços, foi possível verificar uma percepção análoga das áreas de estudo pela equipe técnica e os respondentes dos questionários, reafirmando assim o que já havia sido identificado no levantamento desenvolvido no decorrer da pesquisa.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A partir das visitas ao local e da aplicação dos questionários, foi possível observar que a permanência de pessoas nos espaços pode ser atribuída à diversos fatores como, por exemplo, a ocorrência de áreas sombreadas e com algum grau de proteção/segurança, manutenção/conservação dos espaços, arborização, oferta mínima de infraestrutura e facilidades para a permanência das pessoas (tais como mobiliário urbano), localização em relação aos locais de maior concentração de pessoas e de atividades como os centros acadêmicos ou em relação aos principais fluxos de passagem, que se mostraram como indicadores determinante para a consolidação dos usos e apropriação desses espaços.

A partir da organização dos dados e análise geral das informações obtidas por meio dos questionários aplicados, foi possível fazer a classificação das áreas quanto a sua atual situação. Para esta avaliação foram atribuídos valores a esta apreciação permitindo a sua classificação que variam de -4 a 4, sendo: muito ruim (-4), ruim (-2), regular (0), bom (2) e muito bom (4). A partir dessas atribuições valorativas, realizou-se uma distribuição dos pesos quanto a relevância dos aspectos aferidos pelo questionário considerando o que seria um espaço livre bem-sucedido, classificados de 2 a 0,5, onde: 2 é muito relevante, 1 é relevante e 0,5 é pouco relevante, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: Análise geral dos questionários aplicados

Descrição	Área	Pedra	Lagoa	CCJE	CT's	Ed. Fis.	C. Metr.	R.U.	IC II	IC's
01. Tamanho		●	●	●	●	●	●	●	●	●
02. Espaço x entorno		●	●	●	●	●	●	●	●	●
03. Ventilação		●	●	●	●	●	●	●	●	●
04. Atratividade		●	●	●	●	●	●	●	●	●
05. Pavimentação		●	●	●	●	●	●	●	●	●
06. Qualidade do ar		●	●	●	●	●	●	●	●	●
07. Temperatura		●	●	●	●	●	●	●	●	●
08. Visuais agradáveis		●	●	●	●	●	●	●	●	●
09. Áreas sombreadas		●	●	●	●	●	●	●	●	●
10. Iluminação natural		●	●	●	●	●	●	●	●	●
11. Iluminação artificial		●	●	●	●	●	●	●	●	●
12. Manutenção do espaço		●	●	●	●	●	●	●	●	●
13. Mobiliário urbano		●	●	●	●	●	●	●	●	●
14. Ruído		●	●	●	●	●	●	●	●	●
15. Acessibilidade		●	●	●	●	●	●	●	●	●
16. Facilidade de acesso		●	●	●	●	●	●	●	●	●
17. Flexibilidade de uso		●	●	●	●	●	●	●	●	●
18. Segurança		●	●	●	●	●	●	●	●	●
19. Trat. paisagístico		●	●	●	●	●	●	●	●	●
Nota geral do ambiente (-92 a 92)		12,02	43,00	26,68	10,00	-3,73	20,05	29,58	41,07	23,20

LEGENDA:	Quanto à classificação	●	●	●	●	●
		-4	-2	0	2	4
Quanto à relevância	●	●	●			
	2	1	0,5			
	●	●	●			

Fonte: Os autores

Em relação à aplicação dos questionários, nota-se que sua utilização foi de extrema importância, uma vez que apresentou respostas que complementaram e permitiram um maior aprofundamento da pesquisa a respeito dos tópicos estudados. Além disso, permitiu verificar a opinião dos usuários acerca dos atributos levantados, confirmando as variáveis apontadas a partir das análises técnicas levados a efeito pela equipe envolvida, a partir do estudo de campo realizado.

Dessa forma, os aspectos naturais como, por exemplo, ventilação, iluminação natural, temperatura e sombreamento, geralmente associados à arborização, se mostraram como os principais elementos qualificadores dos espaços de vivência que se mostraram mais presentes. Já os demais fatores como, pavimentação, iluminação artificial, segurança, mobiliário urbano e manutenção do espaço, compareceram em menor grau na avaliação positiva das áreas livres investigadas, contribuindo significativamente para uma avaliação mais depreciativa dessas áreas. Infere-se, desse modo, que a avaliação dos atributos de importância e atratividade dos espaços livres está relacionado não só às condicionantes de caráter natural (presença de elementos marcadamente naturais tais como arborização, ajardinamento e vistas privilegiadas) mas também a outros elementos de natureza artificial e/ou construída tais como quiosques, bancos jardins, pavimentação, etc. Estima-se que se todos esses aspectos fossem melhores qualificados, os locais propiciariam um uso mais intensivo e qualificado pela comunidade universitária e visitantes externos, de modo geral, que procuram desfrutar dos espaços livres presentes neste campus da UFES.

5. CONCLUSÕES

Os resultados da pesquisa aqui descrita revelaram um conjunto de dados e indicadores importantes para a apreciação técnica, infra estrutural e qualitativa da situação atual dos espaços livres no *campus* de Goiabeiras – UFES.

A partir das informações levantadas, concluiu-se que neste *campus* existem diversas áreas livres com grande potencial para um aproveitamento mais adequado, voltados ao descanso, lazer, fruição, com possibilidades reais de apropriação e uso cotidiano mais frequente pela comunidade universitária e visitantes externos. Todavia, a maior parte destes espaços ainda carecem de infraestrutura e mobiliário urbano adequado, capaz de promover de maneira mais efetiva estas atividades e o inter-relacionamento pessoal dos seus frequentadores. Faz-se, assim, necessária a requalificação desses locais, a fim de torná-los mais confortáveis e convidativos para a permanência dos usuários, a partir de um processo de planejamento integrado da expansão das áreas físicas construídas, especialmente das novas edificações e percursos de passagem, integrados de maneira harmônica com a ambiência local, preservando e sobretudo requalificando os espaços livres aqui descritos, fazendo o adequado aproveitamento de suas potencialidades.

Quanto à metodologia adotada conclui-se que a aplicação de questionários se mostrou fundamental para a composição desse estudo, visto que a sua aplicação tornou possível fazer uma análise qualitativa dos espaços.

Vale ressaltar, por fim, que é importante o conhecimento dos anseios dos usuários desses locais, a fim de se garantir uma melhor resposta com relação aos projetos de preservação e requalificação destes espaços. Desse modo, os próprios usuários podem contribuir de maneira ativa para a conformação e o desenho da universidade, dotando o local de

condições ambientais mais sustentáveis e adequadas ao uso pelos mesmos. Além de possibilitar o sucesso nas ações de intervenção física sobre as referidas áreas físicas contribuindo, sobretudo, para a construção de relações de identidade mais fortes e permanentes dos diversos grupos de usuários com os espaços livres de uso cotidiano na vida universitária.

Conclui-se, enfim, que o crescimento da infraestrutura construída no *campus* deve ser planejada considerando a relevância e a importância desses locais, sem pôr em risco, inclusive, a sua própria sustentabilidade ambiental. Afinal, os espaços livres presentes no *campus* da universidade, ainda que não suficientemente estruturados e bem equipados, a par de sua importância como ambientes de descanso e lazer, constituem-se em elementos absolutamente necessários para a promoção dos encontros interpessoais, as trocas sociais e de conhecimentos, enfim, a interação das pessoas entre si e com os lugares, sob as mais diversas formas de apropriação, reforçando os laços de identidade da comunidade universitária com o seu espaço, no convívio diário que com ele estabelece.

6. AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem ao Laboratório de Planejamento de Projetos da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) pela viabilização desta pesquisa por intermédio da concessão da bolsa PAD pela UFES, aos profissionais envolvidos e aos entrevistados que gentilmente nos cederam parte do seu tempo livre, tornando possível o êxito deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- Del Rio, Vicente. *Introdução ao desenho urbano no processo de planejamento*. São Paulo: Pini. 1999.
- Heemann, Jenifer; Santiago, Paola C. *Guia do espaço público – para inspirar e transformar*. Creative Commons, Mountain View, EUA. 2015.
- Lamas, J.M.R.G. *Morfologia Urbana e Desenho da Cidade*. Lisboa: Calouste Gulbenkian/ Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica. Edição 2. 2000.
- Lynch, Kevin. *A Boa Forma da Cidade*. Lisboa. Edições 70. 2007.
- Queiroga, Eugênio F., *Do Vazio ao Espaço Público: requalificando paisagens, reestruturando territórios*. São Paulo. 2011.
- Rheingantz, Paulo Afonso; Azevedo, Giselle Arteiro Nielsen; Brasileiro, Alice; Alcantara, Denise de; Queiroz, Mônica. *Observando a qualidade do lugar: Procedimentos para a avaliação pós-ocupação*. Rio de Janeiro: PROARQ/FAU/UFRJ. 2009.
- Universidade Federal do Espírito Santo. *Plano Diretor Físico do Campus Almor de Queiroz Araújo – Goiabeiras*. Vitória. 2008.



Estudo das áreas verdes e espaços de uso público em Vila Velha – ES

Suzany Rangel Ramos

Universidade Vila Velha, Arquitetura e Urbanismo , Vila Velha (ES), Brasil
suzany.r@hotmail.com

Larissa Leticia Andara Ramos

Universidade Vila Velha, Arquitetura e Urbanismo , Vila Velha (ES), Brasil
larissa.ramos@uvv.br

Luciana Aparecida Netto de Jesus

Universidade Vila Velha, Arquitetura e Urbanismo , Vila Velha (ES), Brasil
luciana.jesus@uvv.br

RESUMO: As áreas verdes possuem importante função no contexto urbano. Além de serem habitat natural, interferem positivamente em seu entorno, promovendo melhor qualidade de vida através de suas funções naturais. Essas áreas, além de proporcionarem qualidade visual, trazem qualidade térmica. A vegetação é responsável por criar um microclima agradável para a permanência das pessoas num determinado local. Os espaços livres de uso público são considerados essenciais na cidade e são fundamentais pois favorecem a integração, o desenvolvimento de atividades sociais e vitalidade urbana. Assim, a pesquisa visa identificar as áreas verdes e os espaços livres de uso público da cidade de Vila Velha – ES, tendo como recorte a Regional 01 – Grande Centro, a fim de classificá-las no contexto urbano. O método de identificação e classificação dessas áreas foi a partir do uso de imagens satélite e visitas de campo, além de mapeamento através do programa ArcGIS. Como resultado, foi identificado a falta de praças e parques públicos. As áreas verdes estão concentradas em áreas de relevo acentuado e de preservação permanente às margens da Baía de Vitória. Percebeu-se também que essas áreas são distribuídas desigualmente entre os bairros da Regional 01 – Grande Centro.

Palavras-chave *Áreas verdes; espaços livres de uso público; planejamento urbano.*

1. INTRODUÇÃO

A qualidade de vida da população residente nas cidades é uma abordagem que vem assumindo proporções significativas. As relações entre o ambiente construído e o ambiente natural, os espaços de circulação, espaços de permanência agradáveis ao ar livre e as áreas verdes da cidade são fundamentais para alcançar uma boa qualidade de vida.

O processo de urbanização gera pressões no uso e na ocupação do solo das cidades, impondo a substituição de áreas naturais por centros construídos. As mudanças estruturais, sofridas pelas cidades devido a uma urbanização desordenada, geram problemas ambientais que consequentemente afetam a qualidade de vida e a saúde da população.

Neste cenário, com a modificação de ambientes naturais a partir do adensamento dos edifícios, da concentração de indústrias, da abertura de vias, da impermeabilização do solo, da redução das áreas verdes, dentre outras ações impactantes do uso do solo urbano; o conforto ambiental nas cidades é modificado, alterando o microclima local e a qualidade do ar, gerando poluição sonora, aumento de temperaturas e de consumo energético.

É importante ressaltar que todas as pessoas têm o direito de usufruir dos espaços da cidade de forma igualitária e saudável, e para que isso aconteça de forma plena é preciso que a cidade seja viva. A cidade viva, segundo Gehl (2014), é aquela que convida as pessoas a caminhar, pedalar, ou permanecer nos espaços livres que ela oferece. A presença de pessoas circulando pela cidade a torna mais agradável e segura. A cidade viva é aquela que dá ênfase e prioridade ao pedestre com a finalidade de se alcançar um espaço com mais vitalidade.

Os espaços públicos devem permitir a integração social e devem ser convidativos para todo tipo de necessidade humana. Tais espaços favorecem a integração, o desenvolvimento de atividades sociais e a vitalidade urbana, além de auxiliarem na oxigenação e renovação do ar. Quando bem equipados, arborizados, seguros, acessíveis e com boa geometria, são bem frequentados e contribuem para a qualidade ambiental urbana. A condição microclimática destes espaços também constitui um elemento determinante para sua qualificação, podendo interferir na quantidade e na forma de usos.

O geógrafo Milton Santos (1994, p.49) considera espaço como “[...] o conjunto indissociável de sistemas de objetos naturais ou fabricados e de sistemas de ações, deliberadas ou não.” O autor entende o espaço como um misto de materialidade e sociedade, uma instância social e o lugar material dos acontecimentos (SANTOS, 1994).

Segundo Magnoli (1982 apud Queiroga 2014), os espaços livres correspondem a todo espaço sem a presença de edificação, livre de urbanização, ou seja, espaços descobertos, urbanos ou não, com ou sem vegetação, públicos ou privados. Gomes (2004) ainda enfatiza que o espaço público é, antes de tudo, qualquer tipo de espaço onde não haja obstáculos à possibilidade de acesso e à participação de qualquer tipo de pessoa.

Para Gehl (2014), os espaços livres de uso público, além de servirem como espaços de atividades recreativas e de lazer, também garantem uma importante arena para grandes encontros, manifestações e protestos políticos. Geralmente essas áreas estão localizadas em pontos estratégicos da cidade, em proximidade com centros urbanos, ou perto de monumentos importantes, facilitando, assim, a agregação de pessoas.

Deste modo, considerando as noções acima, os espaços livres abrangem os espaços públicos como praças, parques, ruas, praias urbanas além de terrenos privativos sem construções e vazios com ou sem potencial para áreas sociais. Dentre esses espaços, destacam-se como elementos de fundamental importância para a qualidade de vida da população, as praças e os parques urbanos.

Praças são consideradas espaços livres públicos inseridos na malha urbana com a função de incentivar a vida comunitária e também servem como elemento organizador da rede viária. Possuem área equivalente à da quadra e geralmente possuem vegetação, canteiros, bancos e outros mobiliários urbanos (CARNEIRO E MESQUITA, 2000).

Parques urbanos, segundo Carneiro e Mesquita (2000, p. 28) “são espaços livres públicos com função predominante de recreação, ocupando na malha urbana uma área em grau de equivalência superior à da quadra típica urbana”. Ainda segundo o autor, os parques possuem elementos da paisagem natural tais como vegetação, água e topografia, além de construções destinadas às atividades recreativas, esportivas, culturais e administrativas.

A vegetação é, sem dúvida, um componente necessário ao espaço urbano. Além da função paisagística, diversas são as atribuições da vegetação urbana nos aspectos ambientais, econômicos e sociais, indispensáveis ao equilíbrio ecológico e à qualidade de vida da população (LAMAS, 1993).

Givoni (1998) destaca que as áreas verdes possuem características que as diferenciam das áreas construídas, tais como: alta taxa de evaporação, baixa capacidade e condutividade térmica e baixo albedo, pois a reflexão da radiação solar é pequena. Deste modo, as áreas verdes podem exercer diversas funções, desde valores sobre as condições ambientais até potenciais recreativos e de elementos de destaque na paisagem urbana.

Vale destacar ainda que a quantidade de vegetação urbana tem sido mensurada através de indicadores que expressam a superfície da área verde por habitantes (IAV = Índices de Áreas Verdes) ou proporção do solo ocupado pela arborização (PAV = Percentual de Áreas Verdes). A Organização das Nações Unidas (OMS) recomenda um mínimo de 12 m² de área verde por habitante. Estocolmo, por exemplo, é uma das cidades com o maior índice de áreas verdes do mundo, com cerca 86 m² de área verde para cada habitante, além disso, 90% da população desta cidade tem acesso a áreas verdes num raio de 300 metros em relação a suas residências (PROGRAMA CIDADES SUSTENTÁVEIS, 2012).

Na cidade de Vila Velha, Estado do Espírito Santo (município utilizado como estudo deste trabalho), verifica-se carência de espaços livres de uso público que interagem com a população. A falta de planejamento urbano, o adensamento populacional e o processo de urbanização da cidade resultaram na substituição de ambientes naturais por espaços construídos. Esta nova configuração da cidade traz hoje um cenário preocupante, não só pelos seus efeitos psicológicos e sociais, mas, sobretudo, por afetar a integridade física, principalmente de crianças e adolescentes que necessitam de espaço para brincarem e socializarem.

Neste sentido, é que se pretende, através deste artigo, apresentar um levantamento das áreas de uso público e das áreas verdes existentes no município de Vila Velha - ES, em especial na Regional 01- Grande Centro, a fim de identificá-las e classificá-las dentro do cenário urbano.

2. MATERIAL E MÉTODO

Para a realização deste trabalho, foram realizadas leituras de bibliografias referentes a espaços livres públicos e áreas verdes, a fim de contextualizar e conceituar as áreas estudadas. Alguns conceitos como os de paisagem urbana, áreas públicas, áreas verdes, praças e parques foram importantes para a análise dos espaços, dando base para a identificação e classificação destes.

A identificação das áreas foi realizada utilizando imagens de satélite e dados geográficos disponibilizados pelo programa Google Earth, confrontando as informações presentes na *Lei nº 4.575/2007*, Plano Diretor Municipal da cidade de Vila Velha.

Após a identificação das áreas, foi desenvolvida uma base cartográfica digital, no programa ArcGIS, de geoprocessamento via satélite, para criação de base de dados, com legendas de identificação das áreas de convívio público e as áreas verdes.

As áreas mapeadas foram identificadas segundo Mendonça (2015, apud Mendonça et All 2012) que classifica os espaços livres de usos público em três grupos: espaços livres públicos de equilíbrio ambiental; espaços livres públicos de práticas sociais e espaços livres potenciais. Com as áreas identificadas e mapeadas foi possível realizar análises e comparações gerais entre as informações coletadas, através de indicadores. Ressalta-se neste trabalho, a análise dos dois grupos consolidados: espaços livres públicos de equilíbrio ambiental e de espaços práticas sociais.

3. CARACTERIZAÇÃO URBANA DA REGIONAL 01 – GRANDE CENTRO

Considerada a cidade mais antiga do Estado do Espírito Santo, Vila Velha é também a segunda mais populosa do Estado. Limita-se ao norte com o município de Vitória; ao sul com Guarapari; a leste com o oceano Atlântico e a oeste com os municípios de Viana e Cariacica. Para sua melhor organização possui cinco regiões administrativas (Fig. 1). Foi fundada em 1535 e, de acordo com o Censo de 2010, possui 414.586 habitantes e área de unidade territorial de 209,965 km² (IBGE, 2010). O descaso com relação às suas áreas livres de uso público e suas paisagens não é recente, provavelmente iniciou-se com a formação da região metropolitana de Vitória (SILVA, 2010).

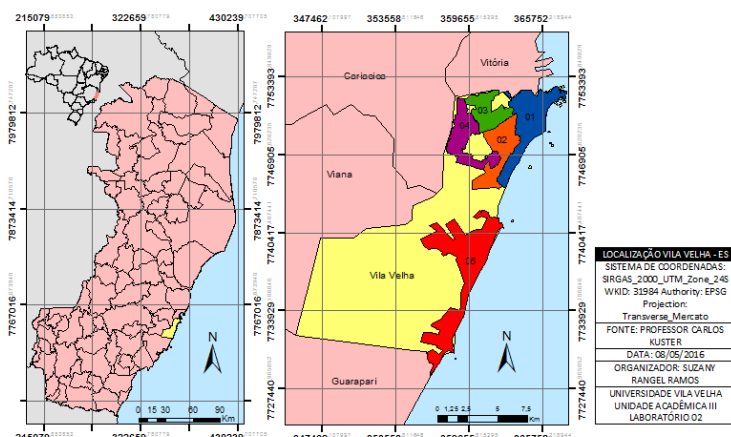


Figura 1. Localização do Município de Vila Velha e suas regiões administrativas - ES. Fonte: Acervo da Pesquisa, 2016.

De acordo com a Lei Municipal nº 4707/2008, a Região 01 – Grande Centro (Em azul na figura 1) abrange 18 (dezoito) bairros da cidade de Vila Velha-ES (Fig. 2). Foi escolhida como recorte desta pesquisa por ter grande importância no eixo cultural, econômico e político do município. É também uma regional densamente povoada e que atrai grande quantidade de pessoas todos os dias, devido à concentração do comércio.

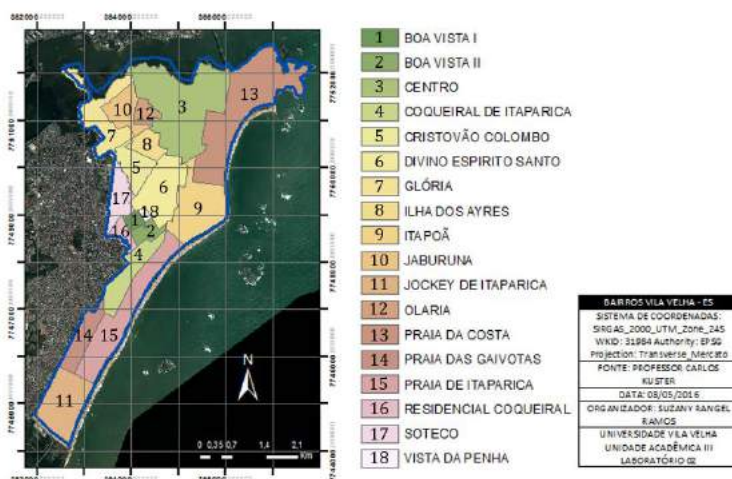


Figura 2. Identificação dos bairros da Regional 01. Fonte: Acervo da Pesquisa, 2016.

De acordo com o Plano Diretor Municipal de Vila Velha, a Regional 01 é constituída por Zonas de Ocupação Prioritárias (ZOP), Zonas de Proteção Ambiental e Cultural (ZEPAC) e Zonas de Especial Interesse Ambiental (ZEIA), além de possuir uma rede hidrográfica de potencial e importantes monumentos naturais e culturais de interesse de preservação, com destaque para o Convento da Penha, Sítio Histórico da Prainha, Morro do Moreno e as Orlas das praias (Fig. 3 e 4).



Figura 3. Morro do Moreno. Fonte: Acervo da Pesquisa, 2016



Figura 4. Orla da Praia da Costa. Fonte: Acervo da Pesquisa, 2016.

4. IDENTIFICAÇÃO DOS ESPAÇOS LIVRES DE USO PÚBLICO PARA PRÁTICAS SOCIAIS

Segundo Mendonça (2015), os espaços livres de uso público de práticas sociais são aqueles destinados ao lazer, atividades recreativas e esportivas. Fazem parte deste grupo as praças, parques urbanos, os trechos de orlas marítimas urbanizadas (Calçadão), espaços residuais associados à malha viária e faixa de areia da praia próxima ao mar.

A Figura 5 ilustra as áreas livres de uso público para práticas sociais da Regional 01, limitando-se somente a análise das praças. De acordo com o mapeamento, apenas 34% da população residente na Regional estudada possui, em um raio de 300 metros, acesso as

praças. Percebe-se, desta forma, uma má distribuição dos espaços livres para práticas sociais entre os bairros da Regional. Enquanto alguns deles possuem 4 praças, outros não possui nenhuma, refletindo a desigualdade de investimentos.

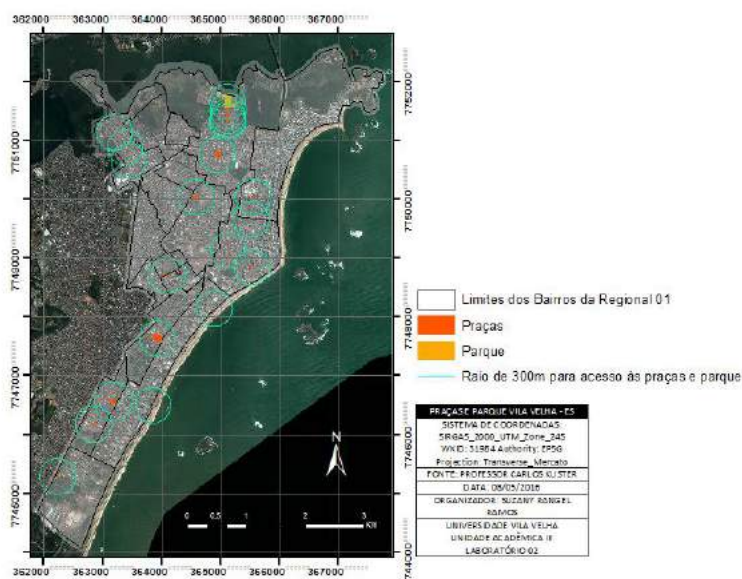


Figura 5. Mapeamento das áreas livres de uso público destinada a práticas sociais da Regional 01.
Fonte: Acervo da Pesquisa, 2016.

Seis bairros da Regional 01 (Vista da Penha, Soteco, Residencial Coqueiral, Olaria, Cristóvão Colombo e Boa Vista I) não possuem espaços livres de práticas sociais (Fig. 5).

Destaca-se com maior quantidade de espaços livres de uso público destinado a práticas sociais, o bairro Centro, com 6,14m²/hab, reunindo assim quatro praças e uma ampla área livre denominada “Parque da Prainha”, que apesar de receber nomenclatura de parque, é, na verdade, um grande espaço aberto, descoberto e árido, com falta de equipamento, infraestrutura e mobiliário.

4.1 ANÁLISES DAS PRAÇAS

Dentre as análises de espaços livres de uso público para práticas sociais deu-se foco na análise e caracterização das praças. Atualmente, na Regional estudada, as praças têm fundamental importância no cotidiano da população, pois são os espaços livres de maior acessibilidade dentro da malha urbana, uma vez que grande parte das áreas verdes estão situadas em áreas com alta declividade e difícil acesso.

De acordo com o Manual de Espaços Públicos (PROGRAMA SOLUÇÕES PARA CIDADES, 2013) há algumas características básicas para definir as condições de um espaço público, a fim de identificar seus problemas e potencialidades para futuras adaptações e investimentos, tais como: Acessibilidade; arborização; segurança; áreas de estar e permanência; atividades realizadas, etc.

A partir da identificação desses elementos foi possível perceber a qualidade das praças da Regional 01, das carências encontradas e das suas necessidades. Foram identificadas 19 praças na Regional, sendo estas distribuídas de forma desigual e localizadas, principalmente, em bairros de maior renda per capita.

As praças da Regional possuem usos diversos. As do Centro, situadas no sítio histórico da Prainha, por exemplo, não possuem equipamentos destinados à recreação, mas são praças arborizadas e voltadas ao descanso, pois seus usuários são, em geral, idosos e moradores do bairro. Já as praças dos bairros “Praia das Gaivotas” e “Coqueiral de Itaparica” possuem equipamentos voltados à recreação, como quadras esportivas, playgrounds e academias populares, além de possuir vivência noturna, uma vez que possuem instalações destinadas à alimentação.

O Gráfico 1 representa uma síntese das análises nas praças da Regional 1, referentes às infraestruturas básicas para a qualidade das mesmas (acessibilidade, policiamento, iluminação, ponto de ônibus e de taxi). Percebe-se que grande parte das praças é carente em policiamento e acesso ao transporte público ou particular. Cerca de 50% das praças analisadas são acessíveis e todas elas possuem iluminação e lixeiras.

O Gráfico 2 qualifica as praças da Regional 1 em relação a seus atrativos. O item menos presente nas 19 praças são os playgrounds, academias populares e quadras esportivas, uma vez que esses últimos dois equipamentos são características dos novos modelos de praça. Apesar de todas as praças possuírem espaços de descanso, grande parte delas é carente de arborização, elemento fundamental para geração de áreas sombreadas que proporcionam maior conforto térmico e qualidade ambiental urbana.

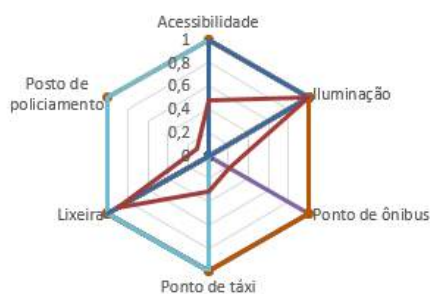


Gráfico 1. Infraestrutura das praças da Regional 01. Fonte: Acervo da Pesquisa, 2016.

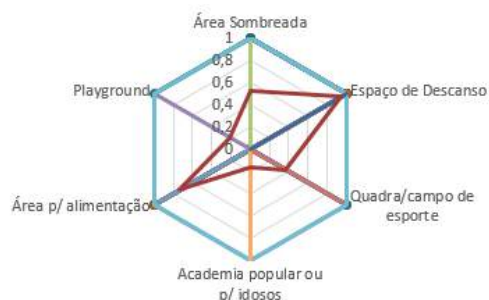


Gráfico 2. Elementos de atração e vivência das praças da Regional 01. Fonte: Acervo da Pesquisa, 2016.

5. IDENTIFICAÇÃO DOS ESPAÇOS LIVRES DE USO PÚBLICO DE EQUILÍBRIO AMBIENTAL

Os espaços livres de uso público de equilíbrio ambiental compreendem as áreas cobertas de vegetação de significativo valor paisagístico - ambiental, que envolvem as unidades de conservação e demais áreas de valor paisagístico-ambiental (Mendonça, 2015).

Foram consideradas no mapeamento dos espaços livres públicos de equilíbrio ambiental as Zonas Especiais de Interesse Ambiental (ZEIAs), as Zonas de Equipamento Especial (ZEEs) e alguns terrenos privativos com vegetação predominante. Estes espaços representam as áreas de relevo acentuado próxima à Baía de Vitória, as ilhas oceânicas e a vegetação de restinga ao longo do litoral (Fig. 6).

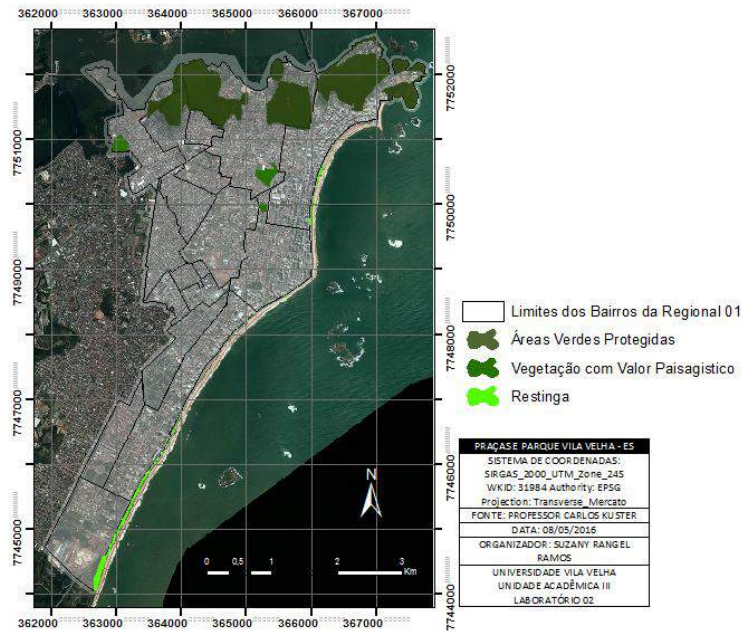


Figura 6. Mapeamento das áreas livres de uso público de equilíbrio ambiental da Regional 01.
Fonte: Acervo da Pesquisa, 2016.

Para o cálculo do Índice de Área Verde da Regional 01 foram consideradas as Zonas Especiais de Interesse Ambiental (ZEIAs), as Zonas de Equipamento Especial (ZEEs), restinga e a arborização das praças. Não foram consideradas as ilhas oceânicas (pela distância da malha urbana) e nem arborização de vias públicas e praias, que apesar de possuírem importância paisagística e no equilíbrio ambiental urbano, estes dados serão analisados em pesquisas posteriores.

De acordo o mapeamento, o Índice de Áreas Verdes da Regional 01 é de aproximadamente $15,88\text{m}^2/\text{hab}$. Apesar deste índice estar acima do mínimo recomendado pela OMS ($12\text{m}^2/\text{hab}$), constatou-se que grande parte destes espaços são constituídos por unidades de preservação permanente e, portanto, são áreas de acesso restrito à população, com inadequada infraestrutura de suporte aos usuários, vulnerabilidade social, além de serem espaços concentrados, privilegiando os bairros nas imediações.

O Centro também é o bairro que possui o maior Índice de Área Verde, tendo $137,7\text{m}^2/\text{hab}$. Este número reflete a presença de Zonas Especiais de Interesse Ambiental, como o Morro do Convento da Penha e parte do Morro Jaburuna.

O Gráfico 3 mostra o percentual de bairros que possuem índice de áreas verdes abaixo e acima de $12\text{m}^2/\text{hab}$. Pode-se perceber a discrepância na distribuição dessas áreas, uma vez que 77,8% dos bairros possuem esse índice igual a zero, ou seja, apresentam ausência de áreas verdes significativas nos bairros.

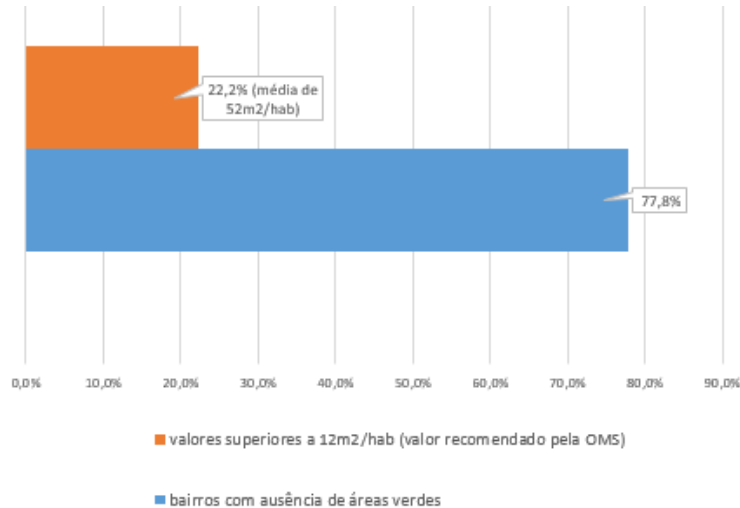


Gráfico 3. Índice de áreas verdes dos bairros da Regional 01. Fonte: Acervo da Pesquisa, 2016.

Nos demais bairros, mais afastados às áreas de equilíbrio ambiental, além da carência de áreas verdes, verificou-se também a ausência de espaços públicos para práticas sociais, como é o caso dos bairros “Divino Espírito Santo” e “Soteco”, que possuem, aproximadamente, 8 mil habitantes cada um deles, e ambos não possuem nenhum tipo de espaço livre de uso público.

Esses indicadores são importantes para mostrar o investimento regressivo do poder público, uma vez que cria melhor infraestrutura e melhores espaços de convivência em bairros já consolidados, deixando os mais precários sem o direito de usufruir de bons espaços.

6. CONCLUSÃO

O Município de Vila Velha tem crescido muito rapidamente nesses últimos anos. Juntamente com o desenvolvimento observa-se um aumento populacional, aumento do fluxo de veículos automotores, redução das áreas verdes, expansão periférica de novos bairros e verticalização dos bairros próximos à orla, desconsiderando as áreas livres de uso público da cidade e provocando significativas alterações microclimáticas, num local que já apresenta características de temperaturas elevadas. Esse crescimento urbano desordenado, sem planejamento adequado, tem afetado também o acesso, o usufruto, a manutenção, a visibilidade e a qualidade dos elementos da paisagem urbana da cidade, das áreas verdes e dos espaços públicos.

De acordo com o mapeamento elaborado, percebeu-se que há predominância de praças na Regional 01 - Grande Centro. Foram identificadas 19 praças, sendo que grande parte delas estão localizadas em bairros com melhor infraestrutura.

A má distribuição das praças ocorre entre os bairros da Regional, enquanto alguns deles possuem até 4 praças, outros não possui nenhuma, refletindo a desigualdade de investimentos.

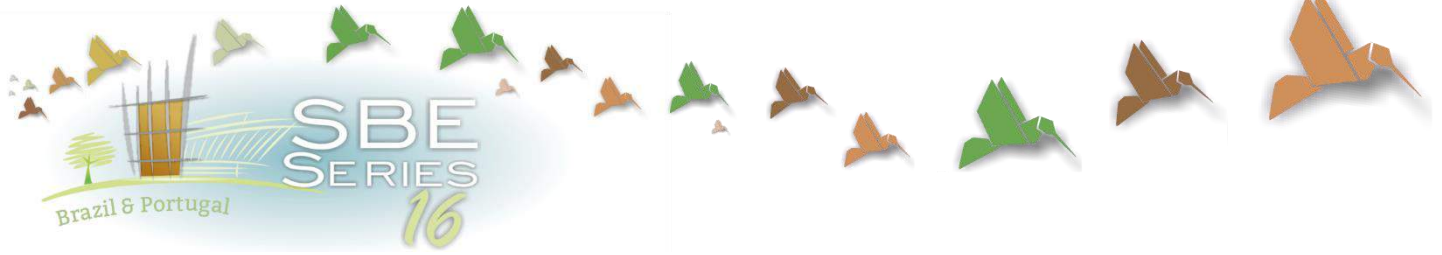
Na regional em estudo, as áreas verdes não atendem homogeneamente à população, pois se concentram em poucos bairros da cidade, em especial aqueles próximos ao litoral e às áreas de relevo acentuado próximas à Baía de Vitória.

Vale ressaltar que as áreas verdes existentes na regional em estudo não estão apenas presentes nos espaços livres urbanos, mas também nas encostas, na orla, nas vias públicas e em lotes privados, que não foram consideradas nesta pesquisa.

Espera-se com este trabalho contribuir para novas pesquisas e intervenções futuras nos espaços livres de uso público da cidade de Vila Velha, em especial da Regional 01, visando melhorar a qualidade urbana, aumentar o índice de áreas verdes, acrescer áreas permeáveis, diminuir ilhas de calor e implantar novos espaços para as práticas de convívios sociais.

REFERÊNCIAS

- CARNEIRO, A. R. S.; MESQUITA, L. B. *Espaços livres do Recife*. Recife: Prefeitura da Cidade do Recife/ Universidade Federal de Pernambuco, 2000.
- GEHL, Jan. *Cidade para Pessoas*. São Paulo: Perspectiva, 2014.
- GIVONI, B. *Climate considerations in building and urban design*. New York: John Wiley & Sons, Inc, 1998.
- GOMES, P. *A condição urbana: ensaios de geopolítica da cidade*. Rio de Janeiro, 2004.
- HARDER, I. C. F., RIBEIRO R.C. S., TAVARES A. R. Índices de área verde e cobertura vegetal para as praças do município de Vinhedo, SP. *Sociedade de Investigações Florestais*. R. *Árvore*, Viçosa-MG, v.30, n.2, p.277-282, 2006.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *CENSO DEMOGRÁFICO 2010*. Características da população e dos domicílios: resultados do universo. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.
- LAMAS, J. M. R. G. *Morfologia urbana e desenho da cidade*. Fundação Calouste Gulbenkian, 1993. Lei nº 4.575/2007. *Plano Diretor Municipal de Vila Velha, ES*. 2007
- MENDONÇA, E. M. S. *A importância metropolitana do sistema de espaços livres da região de Vitória – ES – Brasil*. In EURO ELECS 2015, Guimarães, Portugal. In Anais EURO ELECS 2015, Guimarães, Portugal, Vol. III, 2015. ISBN 978-989-96543-8-9.
- PROGRAMA CIDADES SUSTENTÁVEIS. *Metas de Sustentabilidade para os Municípios Brasileiros (Indicadores e Referências)*. Rede Nossa São Paulo. Rede Social Brasileira por Cidades Justas e Sustentáveis. Instituto Ethos de Empresas e Responsabilidade Social. Agosto 2012.
- PROGRAMA SOLUÇÕES PARA CIDADES. *Espaços Públicos. Diagnóstico e metodologia de projeto*. Coordenação do Programa Soluções para Cidades, Simone Gatti – São Paulo, ABCP, 2013.
- QUEIROGA, Eugenio. *Da relevância pública dos espaços livres: um estudo sobre metrópoles e capitais brasileiras*. Revista do Instituto de Estudos Brasileiros, Brasil, n. 58, p. 105-132, jun. 2014.
- SANTOS, Milton. *Técnica, espaço, tempo: globalização e meio técnico-científico informacional*. São Paulo: HUCITEC, 1994.
- SILVA, Juliano Motta. Vila Velha deu as costas para o Convento da Penha. *Minha Cidade*, São Paulo, 11.122, Vitruvius, sep 2010 <<http://vitruvius.com.br/revistas/read/minhacidade/11.122/3578>>



The Sound of the Landscape - Prainha, Vila Velha, ES.

Deborah Martins Zaganelli

Federal University of Espírito Santo, Department of Architecture and Urban Planning, Vitória (ES), Brazil

debbiezaganelli@yahoo.com

Clara Luiza Miranda

Federal University of Espírito Santo, Department of Architecture and Urban Planning, Vitória (ES), Brazil

claravix@hotmail.com

ABSTRACT: This paper describes the activities of a workshop with a group of students, taught at the event "Coletânea Arq-Urb 2015", at University of Vila Velha. The workshop aimed to present the theme of Soundscapes and identify Sound Events of open spaces with public use at Prainha, a neighborhood in the city of Vila Velha, Espírito Santo. The historic and foundational character of this area to the state of Espírito Santo justified its spatial delimitation. Measurements were taken on a collective Soundwalk with drifting paths on October 28th 2015, during 10 minutes. The collected data were systemized on a map and the sound files were shared in an online platform. This paper describes the content presented, activities practiced and considerations on the analysis done in group. The results indicate the acoustic perception of the students and also contribute with data for the development of a methodology for collective sound mapping activities.

Keywords *Architectural Acoustics, Music - Acoustics and Physics, Sound, Landscapes, Maps.*

1. INTRODUCTION

The European colonization of the state of Espírito Santo began on May 23rd 1535, with the arrival of Vasco Fernandes Coutinho, on the portuguese caravel ship Gloria. The first contact occurred with indigenous inhabitants of the area near to the Moreno Hill (Oliveira, 2008). Later the portuguese colonizers erected defense, housing and prayer facilities as initial buildings. Following the portuguese tradition of urban planning, opposite to the central square it was raised a chapel dedicated to Our Lady of the Rosary while on its surroundings it was settled local streets and other buildings.

By the year of 1550, the village was considered the headquarters of the captaincy, later transferred to the Saint Antonio Island, formerly called Vila Nova and today, the city of Vitoria (Mendonça, 2006). This region had a better strategic location, protected by the Fonte Grande Hill, inside the bay and with difficult access. The city of Vitoria was founded on September 8th 1551 and the development of Vila Velha proceeded then slowly.

Currently, Prainha, this foundational site for the state of Espírito Santo, located in the city of Vila Velha, preserves its historic character with buildings and two main squares: the Bandeira Plaza and the Prainha Park, the last one developed on a landfill site. In the surroundings area are observed the main heritage buildings listed by the National Historical and Artistic Heritage Institute and the Municipal Council of Culture: the Church of Our Lady of the Rosary, Homero Massena Museum and the House of Memory of Vila Velha.

The sound and acoustic context of the site evidences the existing sounds of the past, through reports, photographs, transportation systems and observation of the natural landscape. During a soundwalk in the area, the sounds of today can be better identified.

Soundscape is the sound ambience or any portion of the sonic environment when viewed as a field of study (Schafer, 1997). It also relates to the way individuals and the culture perceives and responds to the environmental sound (Truax, 2001). In these studies, data collection can be done statically, when the equipment and the researcher remain in the same place, or recordings can be made during dynamic routes. Soundwalk is one of the methods of apprehending soundscapes widely investigated by the Canadian researcher Hildegard Westerkamp since the 1970s.

Westerkamp (1974) states that soundwalks can be run individually or in a group, in a large or small geographical area, with or without recording. While leading collective soundwalks, Adams (2008) recommends that its participants shall remain silent, concentrated in the sounds, in order to identify the emission sources. After the recordings, participants discuss the results and respond to a questionnaire. McCartney (2013) also recommends discussions to be done in groups, after the soundwalks. In this way, data can be provided to feedback the methodology, integrating the considerations of the participants.

On excursions to listen to the environment, McCartney (2013) explains that they can also be made listening a narrative or using audio guides. Some guide tours incorporates soundscape recordings of the place where the course is being held in order to create an imaginary soundscape of the past.

Studies on soundscapes were initiated in the 70's in Vancouver, Canada by a team of researchers at Simon Fraser University, led by composer Raymond Murray Schafer. The studies showed concern with the growth and industrialization of the city and its effects on the environmental sound. Currently, several governments started adopting action plans for noise management in their countries. These initiatives were primarily established due to standards such as Directive 2002/49/EC of the European Parliament and Council of the European Union (2002). But it is understood that the sound management of a community goes beyond the actions for noise control.

Researches on soundscapes enables the observation of patterns, the changes of sounds over time and, as Schafer suggests (1997), helps on the creation of an acoustic project. Exercises such as collective soundwalks, ear cleaning and meditation techniques, are fundamental for the development of a sound project for a community. Schafer (1997, p.311) exemplifies his perception during a meeting with a group of architecture students, concluding that the "study of the sound enters the modern school of architecture only as reduction, insulation and sound absorption."

Therefore, the observation of the acoustic impact and sonic sensitivity skills are fundamental to the future planners and architects, assisting them in design decisions, as well as considering the acoustic ecology of places. Zaganelli (2014) starts the application of these studies in a survey to characterize the soundscape of six plazas located in the neighborhoods of Centro and Moscoso Park in the city of Vitoria, ES. In this research, the data were collected and analyzed by the researcher in dynamic measurements during three days in four periods. The results were presented in graphics, expressing the categories of sounds presented and its representation in the soundscape.

In order to develop this first collective record of sound events of open areas and public use in Prainha, Vila Velha, a workshop for graduate students in Architecture and Urbanism was guided during the "Collection Arq-Urb 2015" at the University Vila Velha. In this foundational and historical site for the state of Espírito Santo, the two main squares were selected, the Prainha Park and the Bandeira Plaza. This article describes the activities with the group of nine participating students, analyzes and discusses the results.

2. MATERIALS AND METHODS

Initially, on October 7th 2015, it was made a preliminary visit to test the methodology. During this visit, detail settings could be done and also the collection of physical characteristics of the environments, buildings surrounding the areas, and other observations. The site determined for study was the two main squares of the district, the Bandeira Plaza and Prainha Park (Figure 1). The date followed the schedule of the event and it was held on Wednesday, October 28th 2015, from 8 to 12a.m.



Figure 1 - Location of Prainha Park and Bandeira Plaza. Source: Prepared by the author from Google Earth, 2016.

A blogger page was created, "The Sound of Landscape" to present the initial instructions to the participants on the website <<http://osomdapaisagem.blogspot.com.br>>. The student's material was a small map of the area, to be printed, and it was required for them to bring a portable clipboard. It was recommended the use of mobile phones, with an audio recording application, an accessible technology for all. Participants were invited to join the group "The Sound of Landscape", created on the Soundcloud audio platform. Comfortable shoes and clothes were recommended, observing the capacity of minimum production of noise through steps and movements.

In the beginning of the workshop, in the classroom, it was presented a few concepts related to sounds and soundscapes, the methodology and also applied a few practical exercises to raise noise awareness and listening skills. Then followed a short walk to the parking lot, starting the process of attention and sonic perception. The transportation to the site was made on a minibus. Two walks were started: the first, guided and with the group and the second, individual and with drifting paths.

The first soundwalk was done in a group, in a historical circuit accompanied by explanations of educators and monitors of the project "Visiting Prainha". Initially in the Prainha Park, by the sea it was presented the history of colonization of the Espírito Santo (Figure 2), followed by visitations of the Bandeira Plaza and the historical buildings.

During the second soundwalk, the data was collected. Individually, students walked in a drifting path, according to the concepts of Guy Debord cited by Jacques (2003), recording the sound events. Students used the voice recorder application on their cell phones, generating files in MP3 format. The routes were started simultaneously at the same place and time, and the soundwalks lasted for 10 minutes. At the final meeting point, after gathering all participants, we returned to the classroom using the minibus.



Figure 2 - Prainha Park - near the sea, in Vila Velha, ES.

At the classroom, a big printed map with the limits of the area was prepared for the students to identify collectively their routes, events and sound emission sources perceived. After identifying the sound events, followed a qualitative analysis. Sound events were categorized according to the classification suggested by Zaganelli research (2014), based on the concepts of Schafer (1997) and Krause (2008), using the main groups of Antropophony, Biophony, Geophony, Quiet and Silence.

With the soundmap done, a discussion followed with the observation of the identified categories, concluding with the subsequent sharing of the audio files. Individual audio files were uploaded on the online platform Soundcloud (2014), at the address <<https://soundcloud.com/groups/o-som-da-paisagem>>. To gather the individual recordings, it was created a playlist "Prainha Vila Velha" and used the hashtag #OSomdaPaisagem.

In the research conducted by Zaganelli (2014), the data collected from the soundscape were analyzed using the technique of content analysis, defined by Bardin (2009). The sound events were identified by the researcher, counting the frequency of occurrence and using the software Sonic Visualizer (2013). In this workshop, the data were identified by the students at the classroom and the paths were drawn on a printed map.

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

The squares both have different physical and sound ambiances. Prainha Park has civic, leisure, sports and contemplation functions. As urban facilities there are sports courts, seating benches and light fixtures. The landscape contain a few trees, palm trees and the floor has predominantly grass with paths in concrete slabs interspersed with grass. In the surroundings, there are parking lots for buses and smaller vehicles. The back of the park is in front of the Vitoria Bay and close to a fishing community.

The soundscape of this square can be characterized as urban-maritime. Its reserved location by the seaside ensures an atmosphere of quietness, with the presence of

Antropophony, Biophony and Geophony. The sound categories identified are presented in Table 1.

Table 1 - Sound categories presented in the Prainha Park.

	Human Sounds	Sounds of the voice	Speaking
Anthropophony	Sounds and Society	Soundscapes of places	Town Soundscapes
		Music	Music
	Mechanical Sounds	Transportation Machines	Internal Combustion Engines
Factory equipment		Machines	
Biophony			Birds
Geophony	Air		Wind
	Water		Oceans, seas and lakes

The Bandeira Plaza has contemplation functions, with seating benches, monuments and light fixtures. The landscape is inserted into demarcated gardens, with trees, palm trees, grasses and herbs. The flooring uses interlocked concrete blocks. Its environment is surrounded by local streets and by buildings with 1 to 3 floors height .

The soundscape of this square can be identified as urban. Its location, inserted in the urban environment, presents Antropophony and Biophony, as shown in Table 2.

Table 2 - Sound categories presented in the Bandeira Plaza.

	Human Sounds	Sounds of the voice	Speaking
Anthropophony	Sounds and Society	Soundscapes of places	Town Soundscapes
		Mechanical Sounds	Transportation Machines
Biophony			Birds

Among the results, it is observed that due to the geographic location and urban context, the sounds that prevail in the soundscape of the squares are distinct (Figures 3-4). In the Prainha Park prevails the sound of Biophony and Geophony, with the predominant presence of the sounds of nature. Rather, in the Bandeira Plaza, was noticed a predominance of sounds from the category of Antropophony, the human sounds and its machines.



Figure 3 - Soundmap with paths, sound events and sound sources, prepared by the students.

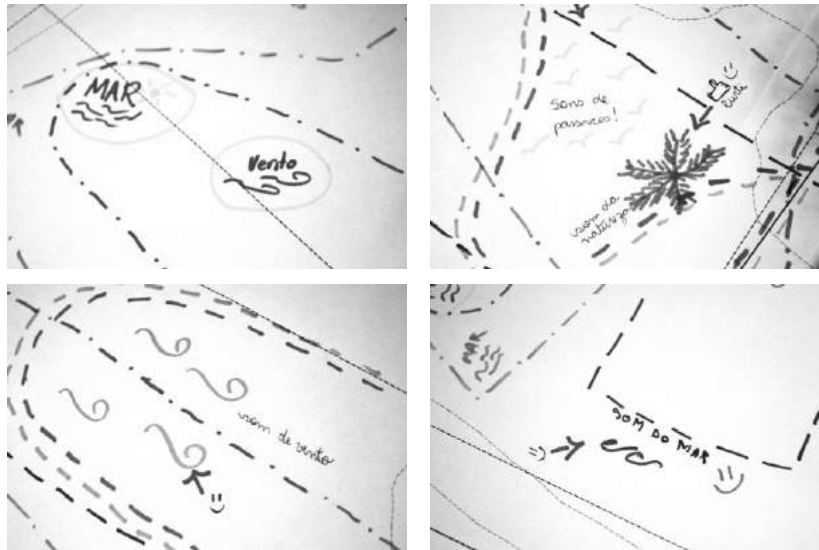


Figure 4 - Soundmap details.

Subsequent to the period of the workshop, the generated recordings were sent to the group "The Sound of the Landscape", in the Soundcloud platform, and shared on the website <<https://soundcloud.com/groups/o-som-da-paisagem>> (Figure 5). The results of the workshop were also presented in a final meeting of the event, on October 29th 2015.



Figure 5 - Audio files organized in the group "The Sound of the Landscape" in the Soundcloud page.

4. CONCLUSION

The results indicate the sound perception of students and they contribute with data to develop a methodology for collective soundscape activities. The methodology of group soundwalk was beneficial for the simultaneous characterization of the environments. Observing the path and the identification of sounds captured, it could be registered simultaneously a broader range of sounds in relation to a individually made record.

The inclusion of two soundwalks enriched the sound experience. Students from other states of the country had the opportunity to understand the local history, as well as visit this historical site. The touristic and historical guide reports contemplated the memory of some sounds of the past and their impacts at the time and today.

The four-hour workshop duration was sufficient for the total experience, from the initial exercises of noise awareness to the discussion of the collected data. As a suggestion for future soundwalks, there is the possibility to better detail of the sound cartography, with individual hearing of the recordings. The hearing and subsequent analysis of the records in a laboratory environment will contribute to a more attentive perception of sounds recorded in the field and also quantify its representativity.

5. ACKNOWLEDGMENTS

Coordination of Architecture and Urban Planning Department at the University Vila Velha (UVV), the transportation team of the University, educators and project monitors of the project "Visiting Prainha", the Homero Massena Museum, the House of Memory of Vila Velha, the Church of Our Lady of the Rosary, IPHAN Espírito Santo.

REFERENCES

- Adams, M. et al. 2008. Soundwalking as methodology for understanding soundscapes. In *Spring Conference of the Institute of Acoustics 2008: Widening Horizons in Acoustics, Proc. intern symp., Reading, 10-11 April 2008*. Reading: Institute of Acoustics
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2000. *NBR 10151: Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade*. Rio de Janeiro: ABNT.
- Debord, Guy. 1997. *A sociedade do espetáculo: comentários sobre a cidade do espetáculo*. Rio de Janeiro: Contraponto.
- Google Earth. 2013. Versão 7.1.2.2041. California: Google Inc.
- Jacques, Paola (Org.). 2003. *Apologia da deriva, escritos situacionistas sobre a cidade*. Rio de Janeiro: Casa da Palavra.
- Krause, Bernie. 2008. Anatomy of the soundscape: Evolving perspectives. *Journal of the Audio Engineering Society* 56.
- Mccartney, Andra. 2013. Soundwalking: creating moving environmental sound narratives. In Gopinath, S.; Stanyek, J. (Org.). *The Oxford Handbook of Mobile Music Studies*. New York: Oxford University Press.
- Mendonça, Eneida. 2006. Mudança na paisagem de Vitória (ES) pelo projeto de Saturnino de Brito - Argumentos metodológicos para análise e construção da paisagem. In *IX Seminário de História da Cidade e do Urbanismo; Proc. intern symp., São Paulo, 2006*. São Paulo: SHCU.
- Parlamento Europeu e Conselho da União Européia. 2002. Directiva 2002/49/EC L189, de 25 de junho de 2002. Relativa à avaliação e gestão do ruído ambiente. *Jornal Oficial da União Européia*, União Européia.
- Oliveira, José Teixeira de. 2008. *História do Estado do Espírito Santo*. Vitória: Arquivo Público do Estado do Espírito Santo - Secretaria de Estado da Cultura.
- Schafer, Murray R. 1997. *A afinação do mundo*. São Paulo: Unesp.
- Sonic Visualiser. 2013. Verson 2.3. London: Centre for Digital Music Queen Mary University of London.
- Soundcloud. Platform for creating and sharing sounds.
- Truax, Barry. 2001. *Acoustic Communication*. Westport: Ablex Publishing.
- Westerkamp, Hildegard. 1974. Soundwalking. *Sound Heritage* 3.
- Zaganelli, Deborah Martins. 2014. *O Som da Paisagem: pelas praças do centro da cidade de Vitória, ES*. Dissertation (Masters Degree in Architecture and Urban Planning) - PPGAU, UFES, Vitória.



Avaliação da contribuição da vegetação para a amenização de ruídos urbanos em praças

Vivian Albani

Instituto Federal do Espírito Santo, Arquitetura e Urbanismo, Colatina (ES), Brazil
vivianalbani@gmail.com

Leandro Camatta de Assis

Instituto Federal do Espírito Santo, Arquitetura e Urbanismo, Colatina (ES), Brazil
leandrocamatta@gmail.com

Bruno Giorgio D'Alessandri Martins

Instituto Federal do Espírito Santo, Arquitetura e Urbanismo, Colatina (ES), Brazil
bgdalessandri@gmail.com

Nayara Salera Malta

Instituto Federal do Espírito Santo, Arquitetura e Urbanismo, Colatina (ES), Brazil
nayarasalera@gmail.com

Bruna Bredofw Perim

Instituto Federal do Espírito Santo, Arquitetura e Urbanismo, Colatina (ES), Brazil
brunabperim@gmail.com

RESUMO: As praças são equipamentos urbanos que possuem potencial para mitigar determinados efeitos negativos da urbanização. A poluição sonora é um desses problemas urbanos que causam desconforto, perda de produtividade e que podem afetar a saúde humana. O objetivo do trabalho é avaliar se a vegetação das praças contribui para amenização de ruídos urbanos, oferecendo, assim, melhoria da qualidade de vida urbana. Assim, foram analisados os índices de ruídos de seis praças de distintos bairros da cidade de Colatina, Espírito Santo, de acordo com o método de aferição de ruído da NBR 10151/2000. As aferições foram realizadas com decibelímetro digital, a 1,20 m do nível do piso em pontos no interior e nas bordas das praças. De acordo com os dados obtidos, a maioria dos pontos apresentou valores superiores ao recomendado pelas normas consultadas. A presença de vegetação influenciou pouco como barreira acústica nas praças analisadas, já que não é densa. É necessário, que outros estudos sejam realizados a fim de comparar estes resultados em outras praças, com diferentes tipos de vegetação. A avaliação da qualidade ambiental das praças, quanto à poluição sonora, é extremamente importante, já que pode causar desconforto ao corpo humano, oriundo da permanência em espaços com índices de ruído inadequados, ainda, é capaz de ocasionar o esvaziamento destes locais e, com isso, tornar o espaço urbano ocioso e inseguro.

Palavras-chave Praças; ruído urbano; poluição sonora; vegetação urbana.

1. INTRODUÇÃO

O ruído das cidades pode ser considerado fruto da urbanização mundial em grande escala onde veículos automotores dominam a paisagem urbana. Segundo Silva (2009) e Mascaró (2010) os sons produzidos pelo uso excessivo de transportes rodoviários provocam a diminuição da qualidade ambiental da cidade. Além da frequente degradação ambiental provocada, o ruído produz um ambiente hostil e pode ser prejudicial ao indivíduo urbano, quando exposto por longos períodos.

Os efeitos negativos dos ruídos urbanos para a população já foi comprovado pela comunidade científica em diversos artigos. A exposição contínua a níveis de ruídos elevados pode causar distúrbios psico-fisiológicos, tais como alterações no sono, diminuição do desempenho laboral, hipertensão e agravamento de doenças cardiovasculares (PAZ et al, 2005).

Os espaços livres de uso público das cidades, em especial praças, parques e jardins, além de serem locais de contemplação da paisagem, lazer e socialização, entre outros, possuem vegetação e áreas livres de construções e automóveis, que podem colaborar com a redução dos ruídos excessivos das cidades.

O município de Colatina, Espírito Santo, conta, hoje, com 111.788 habitantes e uma população urbana de 88,0%. Assim como inúmeras cidades médias brasileiras, possui um cenário urbano dominado pelo uso do automóvel, pela escassez de praças e pela desigualdade na distribuição destes locais entre os bairros (ALBANI et al, 2015).

As praças têm papel fundamental à manutenção equilibrada do cenário socioambiental urbano, e, portanto, torna-se relevante a análise quantitativa e qualitativa destes locais da cidade, já que estas se relacionam intimamente à qualidade de vida dos usuários da cidade.

2. OBJETIVO

O objetivo da pesquisa é avaliar a contribuição da vegetação para a qualidade ambiental urbana de praças na cidade de Colatina – ES, tendo como especificidades a verificação dos índices de ruídos urbanos destes espaços e a influência destas estruturas existentes para o abrandamento dos níveis de ruído.

3. METODOLOGIA

Foram selecionadas seis praças inseridas no perímetro urbano de Colatina-ES (Figura 1) e analisados os índices de ruídos de acordo com o método de mapeamento sonoro segundo a NBR 10151 (Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade), utilizando o instrumento decibelímetro digital – Larson Davis.

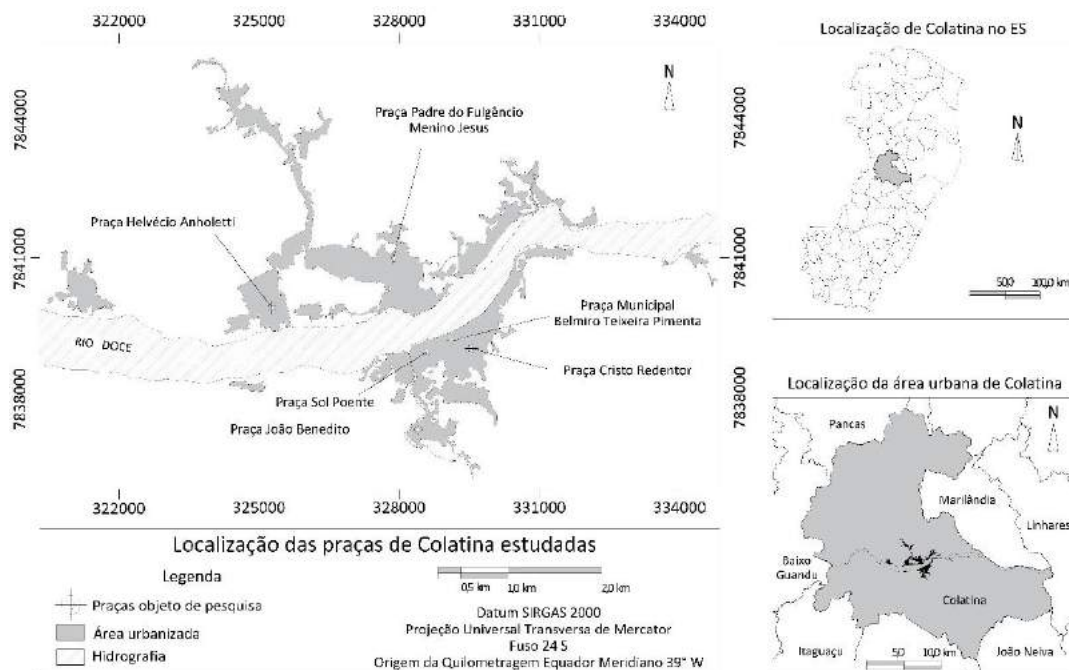


Figura 1: Mapa da localização das seis praças analisadas.

O processo de aferições visou à avaliação dos níveis sonoros equivalentes (L_{eq}), que permitem depreender as condições relativas aos ruídos urbanos no local analisado. As aferições foram feitas durante intervalos de 5 minutos, no período da manhã, ora em pontos próximos as vias públicas, ora em trechos internos das praças.

Com o auxílio de ferramentas computacionais, foram produzidos mapas e gráficos, que demonstram os variados comportamentos dos índices de ruído das praças de Colatina.

4. PRINCIPAIS RESULTADOS

4.1. Análise dos níveis de ruído urbano

As aferições de ruído foram de extrema relevância para o conhecimento numérico da influência sonora nos usuários das praças em estudo. Os níveis de ruídos foram aferidos e relacionados ao nível estabelecidos na NBR 10151, que recomenda os níveis de ruído para conforto acústico em áreas livres externas.

4.2. Praça Sol Poente

Na Praça Sol Poente (Figura 2), localizada no Centro da cidade, a maioria dos pontos analisados (1, 3 e 4), excede à quantidade de 60 dB (sessenta decibel) estabelecidos na NBR 10151, que recomenda os níveis de ruído para conforto acústico em áreas livres de uso público mistas, com vocação comercial e administrativa. A Tabela 1 apresenta os valores obtidos nas medições comparando-os o nível de decibel determinado pela norma.



Figura 2: Pontos de aferição de ruído.

Tabela 1: Aferições na Praça Sol Poente.

Aferições de ruído da praça sol poente – 21 de março de 2014					
Ponto de medição	Horário	Laq (dB)	Tipo de via/fluxo	Valor dB indicado pela NBR 10151.	Principais Espécies/Tipologias observadas
1	10h 09 min	66,049	rua/alto	60	Árvores grande porte (Mangueira/Paineira Rosa)
2	10h 13min	62,313	Centro da praça	60	Árvores grande porte (Mangueira)
3	10h 30min	54,348	rua/alto	60	Árvores grande porte (Mangueira)
4	10h 35 min	63,128	rua/alto	60	Árvores de pequeno, médio e grande porte (Arbustos/Palmeira Real/Mangueira)

Constatarem-se altos níveis de ruído. Isto ocorre, porque, em sua maioria e, também pela dimensão da praça, as barreiras – sobretudo vegetais – existentes não são suficientes para reduzir a intensidade de propagação das ondas sonoras no local.

4.3. Praça Cristo Redentor

Localizada no bairro Belo Vista, os níveis de ruído da Praça Cristo Redentor estão, majoritariamente, contidos nas faixas normativamente recomendadas, de até 55 dB para áreas predominantemente residenciais. Na Figura 4, abaixo, pode-se observar onde foram feitas às medições e na Tabela 2 seguinte, destacam-se os valores de cada ponto de medição, os valores mais brandos aferidos nessa praça, podem ser justificados pelo menor fluxo populacional e de veículos, além do círculo isolante criado pela configuração da massa verde na praça.

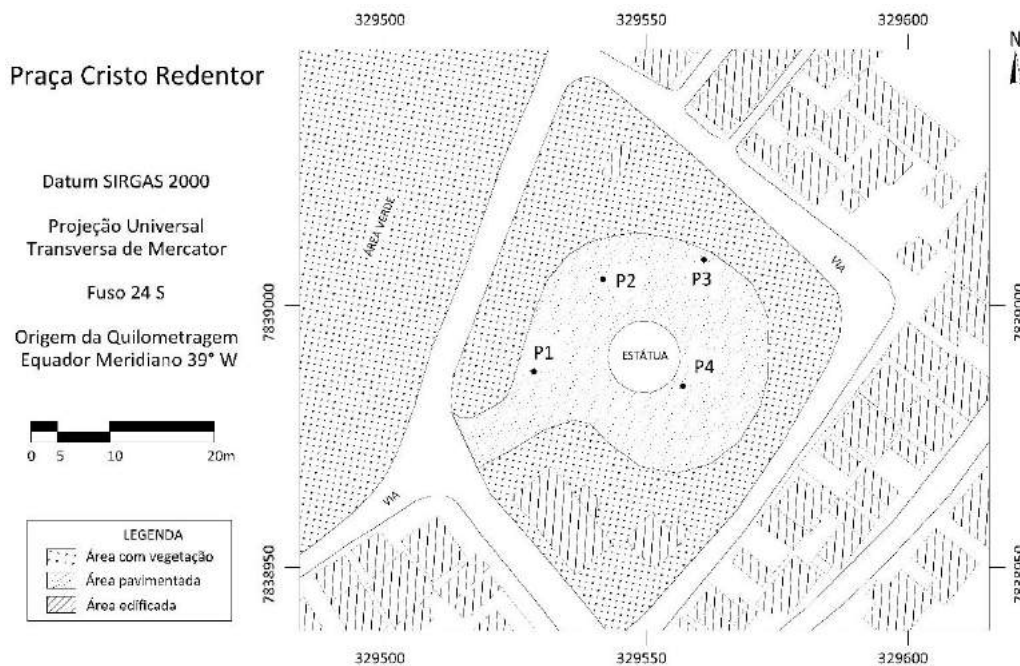


Figura 4: Pontos de aferição de ruído.

Tabela 2: Medições da Praça Cristo Redentor.

Medições de ruído da Praça Cristo Redentor - 03 de abril de 2014.					
Ponto de medição	Horário	Laq (db)	Tipo de via/fluxo	Valor dB indicado pela NBR 10151.	Principais Espécies/Tipologias observadas
1	11h	50,306	rua/baixo	55	Árvores pequeno e médio porte (Oiti)
2	11h07 min	53,063	rua/baixo	55	Árvores pequeno e médio porte (Oiti)
3	11h14min	50,819	rua/baixo	55	Árvores pequeno e médio porte (Oiti)
4	11h20min	50,338	Centro da praça	55	Ausência de vegetação

4.4. Praça Municipal Belmiro Teixeira Pimenta

Situada no Centro, a Praça Municipal apresenta, como se pode notar na Figura 6 e Tabela 3, grande influência de ruídos externos na praça em relação às suas respectivas zonas. Os ruídos ultrapassam o valor de 60 dB recomendado pela NBR 10151 para área mista, com vocação comercial e administrativa, devido, sobretudo, à poluição sonora urbana presente no contexto geral daquela praça, como tráfego intenso de veículos e publicidades sonoras nas proximidades do Centro da cidade, e grande movimento e fluxo populacional. Localizado no centro da praça, o Ponto 5 obteve os menores índices de ruído, devido ao seu afastamento das vias e à presença da massa arbórea. O bloqueio verde constatado, entretanto, não se apresenta em densidade e extensão suficientes para atingir o nível ideal, recomendado para permanência humana no local, sem prejuízos à saúde.

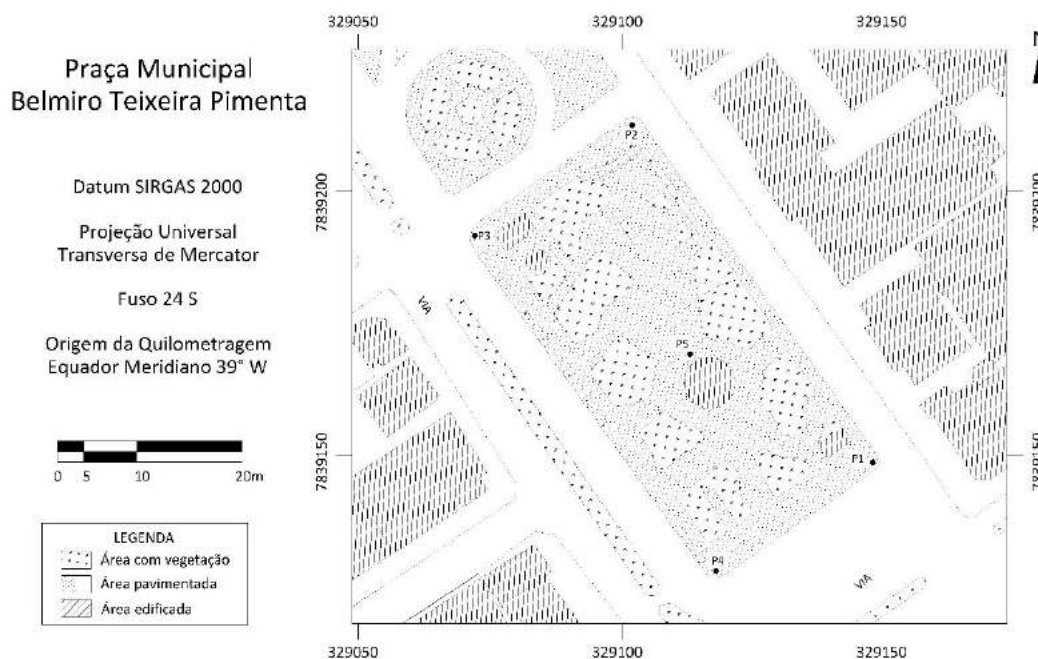


Figura 5: Pontos de aferição de ruído.

Tabela 03: Medições da Praça Municipal Belmiro Teixeira Pimenta.

Medições de ruído da praça municipal – 24 de abril de 2014.					
Ponto de medição	Horário	Laq (db)	Tipo de via/fluxo	Valor dB indicado pela NBR 10151.	Principais Espécies/Tipologias observadas
1	10h42min	67,128	Rua/alto	60	Árvores grande porte (Oiti/Figueira)
2	10h50min	68,255	Rua/alto	60	Árvores grande porte (Oiti/Figueira)
3	10h57min	70,402	Rua/alto	60	Árvores pequeno e grande porte (Oiti/Jambo)
4	11h06min	76,356	Rua/alto	60	Árvores grande porte (Castanheira)
5	11h13min	60,728	Centro da praça	60	Árvores médio e grande porte (Arbustos/Palmeira Real)

4.5. Praça João Benedito

Foram aferidos os pontos demarcados dentro da recomendação da norma de índice máximo de 50dB, os índices de ruído urbano se Praça João Benedito (Figura 8), no bairro Vila Lenira. Observa-se que, mesmo havendo menos barreiras arbóreas, e por situar-se numa região residencial de trânsito basicamente local, com apresentaram de forma mais similar apresentando picos esporádicos, devido à passagem de veículos nas vias circundantes e pela proximidade com a linha férrea, apresentada, também, como influencia acústica (Tabela 4).

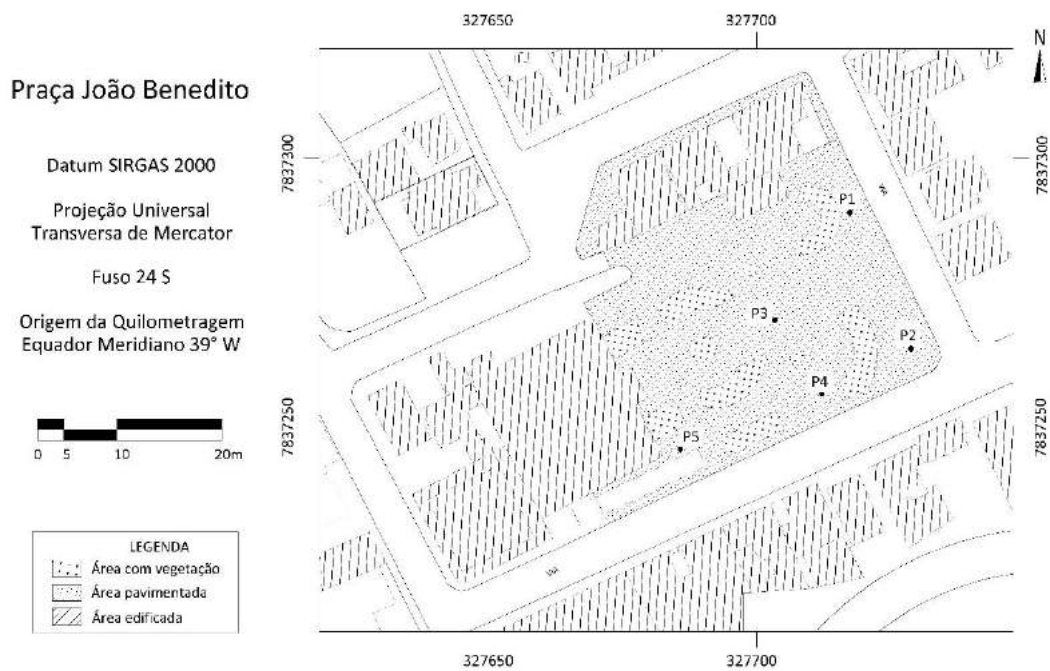


Figura 8: Pontos de aferição de ruído.

Tabela 4: Medições da Praça João Benedito.

Medições sonoras da praça João Benedito – 28 de abril de 2014.					
Ponto de medição	Horário	Laq (dB)	Tipo de via/fluxo	Valor dB indicado pela NBR 10151.	Principais Espécies/Tipologias observadas
1	11h	55,115	Rua/baixo	50	Árvores de médio porte (Palmeira)
2	11h06min	57,226	Rua/baixo	50	Árvores grande porte (Oiti)
3	11h12min	60,481	Rua/baixo	50	Árvores de médio porte (Palmeira)
4	11h20min	59,293	Rua/baixo	50	Árvores grande porte (Oiti)
5	11h26min	55,218	Centro da praça	50	Árvores grande porte (Oiti)

4.6. Praça Padre Fulgêncio do Menino Jesus

Em relação à Praça Pe. Fulgêncio do Menino Jesus (Figura 10 e Tabela 5), no bairro São Silvano, observa-se a extensão diferenciada da praça e a maior quantidade de arborização, em comparação às demais praças analisadas. Os números coletados demonstram o contraste entre os resultados obtidos nos pontos de aferição que não continham presença de barreiras verdes, e o ponto central da praça. Observa-se, assim, que a Praça Pe. Fulgêncio do Menino Jesus apesar de possuir índice de ruído consideravelmente menor na área interna e nos pontos onde há pouco fluxo de veículos, a massa arbórea ainda não é suficiente para atender às especificações da norma. A NBR 10151 estabelece quantidade

de 60 dB (sessenta decibéis) de ruído para conforto acústico em áreas livres de uso público mistas, com vocação comercial e administrativa.

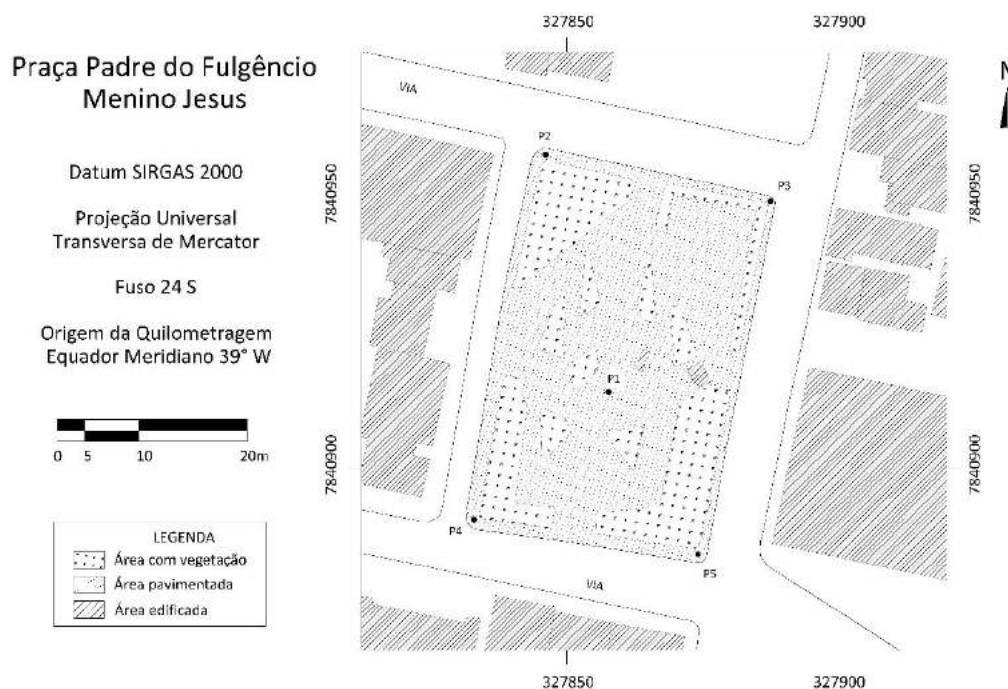


Figura 10: Gráfico dos pontos de aferição de ruído.

Tabela 5: Medições da Praça Pe. Fulgêncio do Menino Jesus.

Medições de ruído da Praça Padre Fulgêncio do Menino Jesus – 28 de abril de 2014.					
Ponto de medição	Horário	Laq (db)	Tipo de via/fluxo	Valor dB indicado pela NBR 10151.	Principais Espécies/Tipologias observadas
1	10h15min	58,767	Rua/baixo	60	Árvores médio e grande porte (Palmeira e Oiti) e arbustos
2	10h25 min	57,422	Centro da praça	60	Árvores grande porte (Oiti e Ficus) e arbustos
3	10h36min	62,743	Rua/médio	60	Árvores grande porte (Oiti e Ficus) e arbustos
4	10h43min	71,913	Rodovia/alto	60	Árvores grande porte (Gameleira) e arbustos
5	10h54min	74,194	Rodovia/alto	60	Árvores grande porte (Gameleira) e arbustos

4.7. Praça Padre Helvécio Anholetti

A Praça Pe. Helvécio Anholetti, no bairro Honório Fraga, apresenta poucos pontos de massa verde e não conta com árvores de grande porte, como demonstrado na Figura 12. Os números coletados, apresentados na Tabela 6, mostram similaridade nos resultados dos pontos de aferição, explicada pela inexistência de barreira verde, o que justifica os

índices inadequados de ruído urbano. A NBR 10151 estabelece um nível de 55 dB para áreas predominantemente residenciais, como se caracteriza a região.

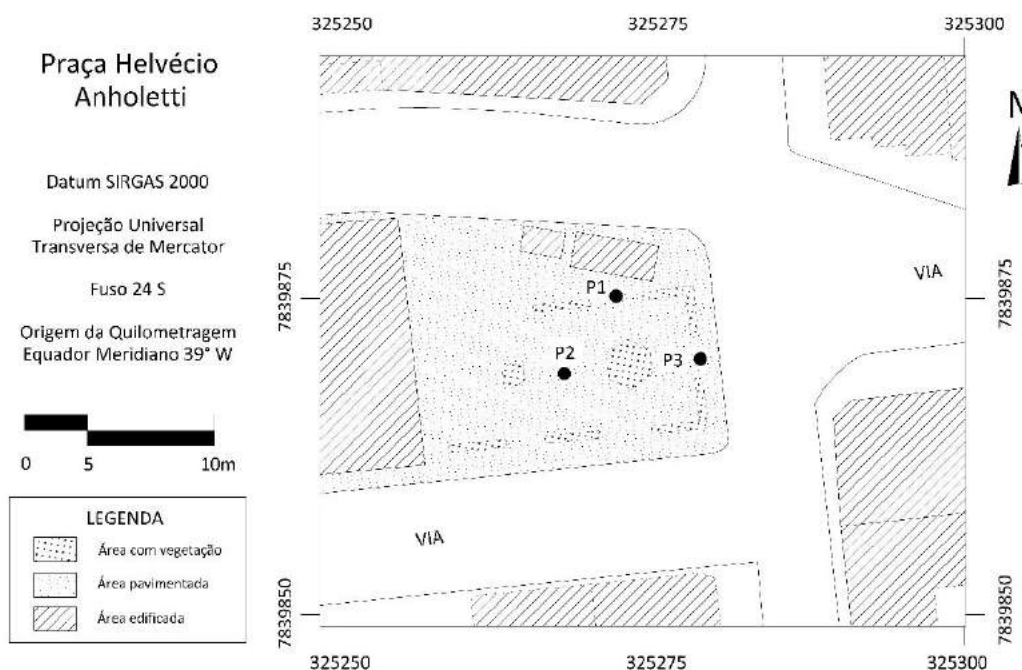


Figura 12: Pontos de aferição de ruído.

Tabela 6: Medições da Praça Pe. Fulgêncio do Menino Jesus.

Medições de ruído da Praça Helvécio Anholetti - 06 de maio de 2014.					
Ponto de medição	Horário	Laq (db)	Tipo de via/fluxo	Valor dB indicado pela NBR 10151.	Principais Espécies/Tipologias observadas
1	9h44 min	66,070	Rua/médio	55	Ausência de vegetação
2	9h50 min	62,934	Centro da praça	55	Ausência de vegetação
3	9h56 min	64,825	Rua/médio	55	Ausência de vegetação

5. CONCLUSÃO

Após observar os dados obtidos, foi verificado que os índices de ruído nas praças da cidade de Colatina-ES estão, em muitos casos, acima do recomendado pela NBR 10151. Os pontos com valores mais elevados foram verificados nas bordas das praças, onde a proximidade com o tráfego de veículos automotores é maior.

Sabe-se que as praças localizadas nos bairros Centro e São Silvano, caracterizadas como áreas de uso misto, com vocação comercial e administrativa, deveriam apresentar como níveis de ruído, no período diurno, até 60 dB. Observa-se, entretanto, que estes valores são, por muitas vezes, ultrapassados. Relaciona-se o ruído exacerbado ao uso do local, que

conta com pontos comerciais adjacentes, que se utilizam de aparelhos de som, autofalantes e maior fluxo de veículos.

As demais praças, localizadas em bairros que contam com características de áreas predominantemente residências, também apresentam, em diversos pontos aferidos, níveis sonoros acima dos 50 dB recomendados pela norma padrão. Associa-se a estes níveis o fluxo contínuo de veículos automóveis, mesmo nas zonas residenciais.

Observa-se, em alguns casos, como nas praças Sol Poente e Cristo Redentor, que pontos de aferição próximos a espécies de médio porte apresentaram índices sonoros mais amenos que pontos situados junto a espécies de grande porte.

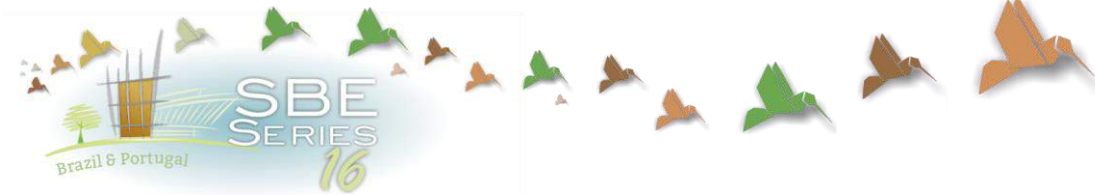
A capacidade de absorver os ruídos urbanos das praças analisadas, portanto, é limitada, principalmente pela presença de grande tráfego de veículos, principal fonte de ruído apresentada. Vale ressaltar que a vegetação presente nas seis praças não é densa, portanto não tem capacidade para barrar todo ruído produzido pelo meio urbano. Neste sentido, outros estudos são necessários para analisar qual tipo de vegetação exerce melhor a função de barreira acústica nas áreas livres da cidade de Colatina, ES, para que futuramente, os parâmetros exigidos pela norma sejam alcançados.

Os desconfortos psico-fisiológicos causados pelos ruídos urbanos desencorajam as pessoas a utilizarem os espaços públicos na cidade. Este fator provoca o esvaziamento de praças, por exemplo, tornando um local menos utilizado, ocioso e inseguro, pela ausência de movimentação de pessoas. Para que esses tipos de efeitos negativos sejam sanados ou minorados, é necessária a complementação e estudos específicos acerca da vegetação existente, além da realocação da vegetação de maior porte e densidade para zonas mais influenciadas por ruídos nas praças.

Contudo, é importante salientar que nas políticas de sustentabilidade ambiental, o uso do automóvel deve ser desestimulado a fim de melhorar a qualidade ambiental e de vida das cidades. A fim de tornar os espaços públicos da cidade mais seguros, saudáveis e agradáveis à utilização torna-se necessário, portanto, o incentivo ao uso de transportes não motorizados e menos poluentes.

REFERÊNCIAS

- A.B.N.T.- Associação Brasileira de Normas Técnicas.NBR 10.151: *Avaliação do nível do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade*. Rio de Janeiro, 2000.
- Albani, V.; Assis, L. C.; Perim, B. B.; Martins, B. G. D.; Malta, N. S.*Avaliação dos espaços livres de uso público da cidade de Colatina, Espírito Santo, Brasil. Anais do Euro Elecs, 21-23 julho 2015*. Guimarães.
- Mascaró, J. L. 2014. *Infraestrutura urbana*. Porto Alegre:Masquatroeditor.
- PAZ, Elaine Carvalho da; FERREIRA, Andressa Maria Coelho; ZANNIN, Paulo Henrique Trombetta. Estudo comparativo da percepção do ruído urbano. *Revista Saúde Pública*. São Paulo, 2005. P. 467-72.
- Silva, A. S. M. 2009. *Acústica Ambiental: Análise de Ruído Urbano*. Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto.



DESENHANDO COM A ÁGUA NO MEIO URBANO

Padrões espaciais de infraestrutura ecológica e crescimento urbano inteligente

Liza Maria Souza de Andrade

University of Brasília, Research Group Water and Urban Environment, Brasília (DF), Brazil
lizamsa@gmail.com

Bruna Bacelar Pontes Melo

University of Brasília, Research's Group Water and Urban Environment, Brasília (DF), Brazil
brunabpm22@gmail.com

Angela Pereira Viana

University of Brasília, Research Group Water and Urban Environment, Brasília (DF), Brazil
ang.vpereira@gmail.com

RESUMO: O “Pacto Internacional de Paris sobre Água e Adaptação às Mudanças Climáticas” firmado em 2015 ressalta a relação entre os sistemas de águas e os impactos do clima para que se tornem mais resilientes. Problemas como enchentes, deficiência no abastecimento, seca e poluição das fontes de água potável estão se tornando cada vez mais comuns e denunciam a necessidade de mudança do pensamento no que tange à questão do ciclo hidrológico no meio urbano. Uma abordagem mais ampla e transdisciplinar permite relacionar as áreas mais compactas da cidade com a proteção da qualidade da água regional no âmbito da bacia hidrográfica, desde que respeitados o contexto e suas densidades e usando boas práticas de infraestrutura ecológica. Neste sentido, a pesquisa tem como objetivo apresentar padrões espaciais e técnicas de infraestrutura ecológica no meio urbano, considerando cidades mais compactas e mais verdes para alcançar o desenho urbano sensível à água, definidos por Andrade (2014). Foram analisados estudos da EPA (Agência de Proteção Ambiental Americana) sobre “Crescimento Inteligente”, boas práticas de gestão de recursos hídricos e densidades (US-EPA, 2005; 2006), o relatório “Água para um mundo sustentável (WWAP,2015), relatórios de estudos com fichas técnicas realizadas pelo Programa “Desenho Urbano Sensível à Água” (WSUD, 2008). Esta pesquisa faz parte da construção do manual “Desenhando com a água: padrões espaciais e técnicas de infraestrutura ecológica” e contempla até o momento 52 padrões. Espera-se, assim, contribuir no processo de planejamento e nas tomadas de decisão.

Palavras-chave *Ciclo da água, padrões espaciais, cidades verdes, cidades compactas, desenho urbano sensível à água.*

1. INTRODUÇÃO

A questão da escassez de água potável é um dos maiores problemas que a humanidade vai enfrentar neste século, como pode ser observado nas discussões do evento paralelo que ocorreu na COP 21 em 2015, o “Pacto de Paris sobre Água e Adaptação às Mudanças Climáticas” (*Paris Pact on Water and Climate Change Adaptation*, 2015 - <http://newsroom.unfccc.int/lpaa/resilience/press-release-lpaa-resilience-1-paris-pact-on-water-and-climate-change-adaptation-announced/>). As mudanças climáticas e o uso insustentável da água causam impactos generalizados sobre sociedades e economias, criando secas, inundações e aquecimento, afetando tanto a quantidade como a qualidade de água doce disponível.

O urbanismo baseado nos fluxos de água e a ocupação urbana ecologicamente sustentável têm se tornado uma temática capaz de promover um grande avanço para o planejamento consciente das cidades. A concentração de pessoas em áreas urbanas com modificações antrópicas que ocorrem na paisagem afeta diretamente os caminhos por onde a água circula, desde os processos de infiltração, escoamento e precipitação, avançando até a recarga de aquíferos.

O grande desafio da sustentabilidade urbana hoje é conciliar questões referentes à densidade populacional relacionada aos padrões de ocupação e ao uso do solo, em termos de justiça social, e à capacidade de suporte das cidades no que tange à pegada ecológica e à manutenção do ciclo da água no meio urbano. Com base nessa perspectiva, a pesquisa realizada visa aprofundar estudos sobre padrões espaciais e técnicas de infraestrutura ecológica que visam melhorar o desempenho do ciclo hidrológico no meio urbano.

As ocupações urbanas tal como são concebidas, atualmente, desequilibram a dinâmica das águas. O abastecimento das cidades e a irrigação para a produção de alimentos consomem água a níveis superiores à capacidade de recuperação dos mananciais, o descarte inadequado de resíduos prejudica os ecossistemas aquáticos e o solo é impermeabilizado pela infraestrutura cinza, que dificulta a drenagem da água e a recarga dos lençóis freáticos.

Sinais de esgotamento se tornam visíveis em várias cidades do mundo e a situação se aproxima do estresse hídrico. As previsões para o futuro indicam que a demanda por água deve aumentar com a tendência mundial de crescimento da população urbana, especialmente nos países em desenvolvimento. Esse cenário revela dois grandes desafios: a necessidade de repensar a questão da água e de rever o padrão de crescimento para garantir a qualidade de vida das cidades em crescimento.

Uma abordagem mais ampla do assunto permite relacionar as áreas mais compactas da cidade com a proteção da qualidade da água regional, desde que respeitados o contexto e suas densidades e usando boas práticas de gestão das águas pluviais. Andrade (2014) trata da questão da dualidade entre cidades para as pessoas e cidades verdes e busca identificar padrões urbanos que sejam bons para as pessoas e bons para os ecossistemas por meio do desenho urbano sensível à água. No presente estudo, objetivo é dar continuidade a síntese desses padrões espaciais e técnicas de infraestrutura ecológica que conciliem a boa gestão das águas urbanas e a qualidade de vida nas cidades a partir de princípios do Crescimento Inteligente (*Smart Growth*), considerando cidades mais compactas e mais verdes para alcançar o desenho urbano sensível à água.

Foram analisados estudos da EPA (Agência de Proteção Ambiental Americana) sobre crescimento inteligente, boas práticas de gestão de recursos hídricos e densidades (US-EPA 2005 e 2006), o relatório “Água para um mundo sustentável (WWAP, 2015), e estudos realizados pelo Programa “Desenho Urbano Sensível à Água” (WSUD, 2008).

1.1 O crescimento inteligente e a infraestrutura ecológica

O crescimento inteligente surgiu de um cenário de crise no modelo de crescimento adotado nas cidades norte-americanas: o espraiamento ou *sprawl*, cujos pontos-chave são a baixa densidade, as zonas de uso único e o transporte motorizado individual. As consequências de décadas de cidades dispersas provaram a insustentabilidade do modelo, seja como cidade para pessoas, seja como cidade ecológica: dependência do automóvel, vias congestionadas, grandes distâncias percorridas no dia-a-dia, surgimento de cidades-dormitório, vizinhanças sem identidade e pouco convidativas.

A proposta do crescimento inteligente para cidades mais densas é utilizar princípios baseados nas vizinhanças tradicionais de uso misto para fortalecer as comunidades que já existem, criando espaços urbanos atraentes, compactos e conectados. Tornar as ruas mais amigáveis para o pedestre estimula o hábito de caminhar, de modo que evita trajetos de carro desnecessários, engarrafamentos e o sedentarismo.

As cidades de ocupação dispersa voltada para o uso de automóveis levam à construção de vias, estacionamentos e outras superfícies impermeáveis, que ocasionam problemas de enchentes, congestionamentos, alto consumo de energia, emissão de gases de efeito estufa e poluição generalizada. Em áreas residenciais, por exemplo, a malha viária é a principal responsável pelo aumento de volume e carga de poluentes de origem difusa. Já, em áreas comerciais, os telhados e estacionamentos são os maiores contribuintes, pelo acúmulo de cargas poluentes de deposição atmosférica e emissão de veículos (PSAT & WSU, 2005).

Segundo estudos desenvolvidos no Centro de Proteção à Bacia Hidrográfica (*Center for Watershed Protection*), da Cidade de Ellicott, em Maryland, nos EUA, os problemas das águas pluviais são também um problema do grande uso do automóvel. Nada menos que 2/3 de toda cobertura impermeabilizada destina-se a proporcionar “habitat” para carros, estacionamentos, calçadas, rodovias e autoestradas (AUBARCH, 2010, p. 5).

Sob a ótica dos processos hidrológicos, o sistema de drenagem urbana da cidade, bairro ou região abrange, não só as redes designadas para o fluxo de águas pluviais, mas também todas as superfícies e reservatórios de água dentro da bacia: estradas, faixas de servidão, vias, calçadas, telhados, parques, jardins, florestas, solo, fundos de vale, canais e lagoas. Estes elementos fazem parte do desenho urbano, podem ser projetados para produzir uma mudança no escoamento e, ao mesmo tempo, funcionar como um filtro de poluentes, antes de entrar no sistema maior da cidade e do entorno (SPIRN, 2012).

A infraestrutura ecológica pode ser definida como um conjunto de elementos que mantem o funcionamento dos mecanismos de atuação e regulação da natureza dentro das cidades. Na visão de Herzog (2010) proporciona serviços ecossistêmicos ao mimetizar as funções naturais da paisagem. Esses serviços são realizados quando existe conexão entre os fluxos de água e de pessoas nas cidades a partir de um desenho urbano inteligente, verde e permeável, que aproveita ao máximo a capacidade da natureza de ser autossuficiente. Essa harmonia contribui para a qualidade de vida nas cidades e é uma maneira de alcançar a

resiliência. Nessa pesquisa, a infraestrutura ecológica será avaliada principalmente no que diz respeito ao ciclo da água urbano.

Para tanto, é preciso compreender que as águas pluviais podem infiltrar no solo, evaporar ou escoar sobre a superfície, sendo descarregadas nos corpos d'água. A infiltração requer uma combinação de baixa velocidade de escoamento com boa porosidade do substrato - o que, no entanto, não acontece na maioria das cidades, nas quais a grande quantidade de superfícies impermeáveis acelera a velocidade do fluxo da água. Isso impossibilita a sua penetração no solo, potencializando o deslizamento da água sobre a superfície e o transporte de sedimentos, ocasionando assoreamento e poluição dos rios em que é descarregada. Além disso, contribui para a lixiviação e a erosão do solo.

Dessa forma, fica evidente que o bom funcionamento do ciclo da água envolvendo águas urbanas depende intrinsecamente da redução ou limitação das superfícies impermeáveis. É nesse cenário que se torna necessária uma infraestrutura permeável e compacta para recuperar a dinâmica natural das águas dentro das cidades. Alguns especialistas em qualidade da água acreditam que o desenvolvimento urbano de maior densidade pode melhorar a proteção dos recursos hídricos.

A Agência de Proteção Ambiental Americana (EPA) realizou estudos nesse sentido para avaliar a relação entre as densidades e a produção de escoamento proveniente de águas pluviais. Para isso, considerou que a ocupação dispersa preconiza pouca área construída em um lote, cuja área remanescente será coberta por gramados ou jardins. Essa configuração foi por muito tempo tida como eficiente na proteção da qualidade da água, pois reservaria maior área verde para a infiltração. No entanto, alguns pontos foram considerados no estudo no que diz respeito à efetividade dessa solução.

Foi levado em conta que o impacto causado extrapola o desempenho da edificação em um lote. Primeiramente porque em uma ocupação de baixa densidade as distâncias entre os edifícios serão maiores, de modo que se torna necessária uma infraestrutura nova para pessoas e veículos - infraestrutura essa que representará uma superfície impermeável adicional que deve ser contabilizada. Segundo, por que a dispersão naturalmente perturbará uma maior área ainda não utilizada da bacia hidrográfica para acomodar a demanda por crescimento. Além disso, a tipologia adotada nos edifícios nem sempre favorece uma menor área de ocupação; é comum, por exemplo, que residências unifamiliares isoladas ocupem áreas maiores que programas mais complexos.

Outro fator considerado é que mesmo as áreas urbanas potencialmente permeáveis, como gramados e jardins, podem não apresentar contribuição significativa para a infiltração da água devido à compactação de suas superfícies. Essa compactação pode acontecer pelo trânsito de veículos de transporte, equipamentos de construção civil ou simplesmente de pessoas caminhando sobre a superfície do solo.

Por fim, foi concluído que limitar a densidade não limita o crescimento, apenas o direciona para outra região, onde causará impactos em outras bacias hidrográficas. Para comprovar essas hipóteses, a EPA realizou simulações com modelo matemático simples em três cenários de densidade: 1 habitação por acre (4.046m²), 4 habitações por acre e 8 habitações por acre. O primeiro cenário foi o que mais gerou escoamento superficial de água pluvial. O modelo demonstrou que densidade mais alta reduz o escoamento por

moradia em 73%. Construindo o mesmo número de casas em densidade mais alta reduz superfícies impermeáveis em 60%.

A EPA acredita que os princípios do Crescimento Inteligente são uma possibilidade de ocupar uma menor área virgem da bacia hidrográfica e de reduzir as distâncias percorridas por automóvel, diminuindo assim a necessidade de infraestrutura impermeável e a produção de gases poluentes. Considerando as estratégias de melhores práticas de gestão de recursos hídricos e aplicando-as aos cenários de áreas de densidades mais altas, áreas urbanizáveis e subúrbios, áreas de conservação e áreas rurais, é possível a identificação de padrões espaciais focados no ciclo da água urbano, para assegurar a proteção e uso de bacias hidrográficas.

2. SISTEMATIZAÇÃO DE PADRÕES ESPACIAIS DO CRESCIMENTO INTELIGENTE

Andrade (2014), sob a ótica do urbanismo ecológico, sistematizou padrões espaciais relacionados aos princípios de sustentabilidade, bem como os parâmetros do urbanismo sustentável de Farr (2013) que incluem uma visão sistêmica e holística para tratar das questões da forma urbana. Além disso, baseado em manuais técnicos, sobre o ciclo da água no meio urbano e sobre o desenho urbano sensível à água, sistematizou 38 padrões espaciais para promover os fluxos de água na cidade. (no formato: padrão - problema/contexto - recomendação - ilustração), baseada em Alexander et al. (1977).

Os padrões de Alexander et al (1977) mostram a conexão de todos os componentes existentes no meio para um urbanismo desenvolvido e consciente, mostrando que nada deve ser construído de forma isolada dos outros elementos. Sua organização é estabelecida de forma decrescente que começa de uma escala maior e se estende a uma microescala. Cada padrão é expresso com um contexto, um problema e uma solução proposta e nenhum deles é representado de forma isolada, pois cada padrão está subordinado a outros e isso faz deles um elemento completo e conectado.

A tabela abaixo ilustra seis padrões espaciais e técnicas de infraestrutura ecológicas no formato “problema/contexto-recomendação-ilustração” (ALEXANDER et al, 1977): (1) Planejamento Regional (Smart Growth/EPA), (2) Desenvolvimento compacto (*Smart Growth*/EPA), (3) Paisagismo Nativo/ *Xeriscape* (*Smart Growth*), (4) Programas de copas de árvores (*Smart Growth*/ EPA), (5) Estratégias de estacionamento (*Smart Growth*/ EPA) e (6) Jardins Agroflorestais (Permacultura). A tabela 1 ilustra os 6 padrões espaciais desenvolvidos a partir dos estudos de Andrade (2014).

Tabela 1 – Padrões Espaciais para o Crescimento Inteligente

PADRÃO ESPACIAL	PROBLEMA/CONTEXTO	SOLUÇÃO
<p>PLANEJAMENTO REGIONAL (SMART GROWTH/EPA)</p> <p>Ilustração</p> 	<p>A administração dos recursos hídricos é facilitada quando o planejamento é feito de forma regional. O parcelamento da bacia hidrográfica em regiões menores para fins de planejamento permite a identificação da demanda de crescimento local e a sua locação em áreas de menor valor ecológico, ao mesmo tempo em que contribui para a adoção de um modelo de crescimento sustentável compatível com a comunidade em questão e para a preservação das áreas mais sensíveis.</p>	<p>Adote um planejamento regional na sua comunidade. Primeiramente é necessário mapear os recursos naturais da região, as áreas que não devem ser ocupadas por desenvolvimento e outras áreas de devem ser protegidas. Depois, discriminar as áreas de expansão e a prioridade do desenvolvimento de vão receber, identificar as vizinhanças, mapear os usos das áreas e mapear os corredores entre as regiões. Isso permite que áreas sensíveis, como regiões de recarga de aquífero, nascentes e pântanos sejam preservadas do desenvolvimento, que é direcionado para regiões de menor impacto.</p>
<p>DESENVOLVIMENTO COMPACTO (SMART GROWTH/EPA)</p> <p>Ilustração</p> 	<p>O crescimento disperso é uma forma potencial de aumentar a quantidade de superfície impermeável em terras não desenvolvidas (greenfields), dificultando a infiltração e o ciclo natural da água. A ocupação de áreas novas na cidade demanda investimento em infraestrutura nova e em transporte para conectar os habitantes às suas necessidades diárias (trabalho, diversão, educação, compras), que ficam cada vez mais distantes. Além disso, contribui para a desvalorização de áreas mais antigas e consolidadas da cidade, que já são servidas por boa infraestrutura e possuem serviços próximos.</p>	<p>Onde for possível, adote um desenvolvimento compacto. Planejar cidades mais densas evita a ocupação de terras não desenvolvidas- ou seja, impede a impermeabilização e a compactação de solo necessário para a infiltração da água e a recarga dos lençóis freáticos. Se organizadas em um zoneamento de uso misto e de paisagismo atraente, essas novas ocupações aproximam os habitantes de suas necessidades diárias, de modo que estimulam a caminhada e diminuem a dependência do carro. Além disso, podem aproveitar a infraestrutura existente de áreas consolidadas subutilizadas e que necessitam de revitalização.</p>
<p>PAISAGISMO NATIVO/XERISCAPE (SMART GROWTH)</p> <p>Ilustração</p> 	<p>O paisagismo inadequado ao solo e ao clima de uma região requer cuidados adicionais e gastos excepcionais com irrigação e uso de adubos específicos para custear a sobrevivência de gramados e jardins com plantas exóticas, que podem ser grandes consumidores de água limpa.</p>	<p>Adote um paisagismo que minimize o uso de água. O paisagismo nativo utiliza plantas adaptadas ao local (consomem uma quantidade de água compatível com a oferta da região) ou espécies que utilizam pouca água, como as cactáceas. Diminuir a área de gramados tradicionais para incorporar o paisagismo nativo, em conjunto com a substituição de sprinklers por sistema de irrigação por gotejamento são medidas que podem implicar em economia significativa de água.</p>
<p>PROGRAMAS DE COPAS DE ÁRVORES (SMART GROWTH/EPA)</p> <p>Ilustração</p>	<p>O uso de vegetação no desenho urbano é comumente tratado como uma questão meramente paisagística, sendo frequente</p>	<p>Adote um programa de copas de árvores em seu planejamento. As copas das árvores maduras funcionam como interceptadoras da água das chuvas, diminuindo a velocidade do</p>



a utilização de exemplares ornamentais ou exógenos em detrimento das espécies autóctones. Essa abordagem subutiliza o potencial que as copas das árvores possuem para o sistema de drenagem urbana, assim como para construir um ambiente mais convidativo para o pedestre e para fortalecer o senso de lugar de uma vizinhança.

escoamento superficial, melhorando a infiltração e prevenindo enchentes. Se colocadas às margens de rios e córregos são efetivas no controle da erosão e ajudam a reduzir a temperatura das águas- o que evita a proliferação de algas indesejáveis e auxilia atividades que dependem de uma temperatura constante da água, como a pesca. Na cidade contribuem para diminuir o efeito da ilha de calor urbano, melhoram o ambiente do pedestre por meio da sombra das copas e do paisagismo e valorizam a vizinhança.

ESTRATÉGIAS DE ESTACIONAMENTO (SMART GROWTH/ EPA)

DE (SMART

Estacionamentos representam uma área considerável de superfície impermeável, contribuindo para o aumento da velocidade do escoamento superficial e também de seu volume, por impedir a infiltração natural. Além disso, são regiões “mortas” pois isolam os edifícios de seus contextos e dificultam a permeabilidade visual e a caminhada dos pedestres.

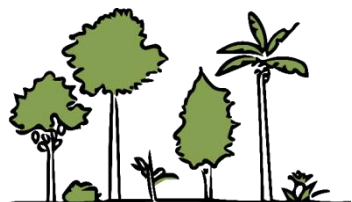
Adote uma política de estacionamentos para reduzir a área ocupada por esse tipo de uso. Procure local os estacionamentos de modo que possam ser compartilhados por vários edifícios e adequar o número de vagas disponibilizadas ao fluxo de uso, e não ao fluxo de pico. Outra alternativa é projetar edifícios garagem, que abrigam mais vagas em menos espaço. É importante também propor que os estacionamentos fiquem uma distância de uma caminhada curta do local a que servem, para estimular que as pessoas andem pela vizinhança.

Ilustração



JARDINS AGROFLORESTAIS (PERMACULTURA)

Ilustração



A produção de alimentos está atualmente relegada a porções distantes das cidades, onde se utilizam monoculturas, excessos de fertilizantes, pesticidas e modificação transgênica. Tudo isso desgasta o solo, tornando-o menos fértil e poroso com o passar do tempo, além de potencialmente contaminar os lençóis freáticos mais superficiais e corpos d'água próximos.

Estimule a iniciativa de jardins agroflorestais. Esse tipo de cultivo se baseia na criação permanente de diversos tipos de espécies em conjunto (florestais e alimentícias), de modo que haja equilíbrio de nutrientes no solo e variedade de usos do cultivo – seja alimentação, extração de madeira ou ornamental. Todas as plantas escolhidas devem ser plantadas no dia da implementação do jardim e devem possuir ciclos de vida diferentes, para que as espécies de crescimento rápido (ex. leguminosas) preparem o solo para as de crescimento mais demorado (ex. árvores maduras) – e também para que sempre haja retorno na produção. É importante dar prioridade às espécies nativas, pois se adaptam melhor ao solo existente.

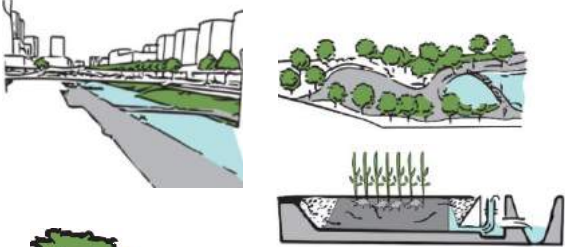

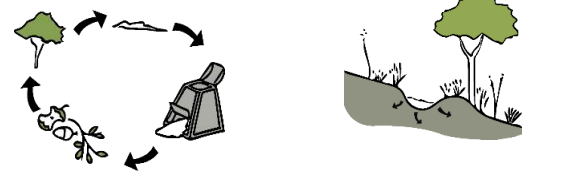

3. RESULTADOS FINAL: PADRÕES ESPACIAIS PARA CIDADES SENSÍVEIS À ÁGUA

De acordo com toda a análise desenvolvida dos manuais australianos do Programa WSUD (WSUD, 2008), dos manuais americanos da US-EPA (2005 e 2006), de infraestrutura verde (HERZOG, 2013), e o documento “Água para um mundo sustentável” (WWAP,2015), a partir dos estudos de Andrade (2014), chegou-se a aproximadamente 52 padrões espaciais, para promover o desenho urbano sensível à água, no nível da paisagem, da

comunidade e da edificação. Todos os padrões, criteriosamente escolhidos, promovem adaptações urbanas capazes de minimizar impactos que influenciam no ciclo hidrológico urbano.

O programa WSUD reconhece que todos os fluxos de água no ciclo da água urbano são um recurso: a água potável, a água da chuva, as águas de drenagem, cursos de água potável, águas cinza (água das pias de banheiro, chuveiro e lavanderia), águas negras (banheiro e cozinha) e mineralização de água (águas subterrâneas). A reutilização de águas cinzas pode economizar quantidades consideráveis de água potável e diminuição de águas residuais.

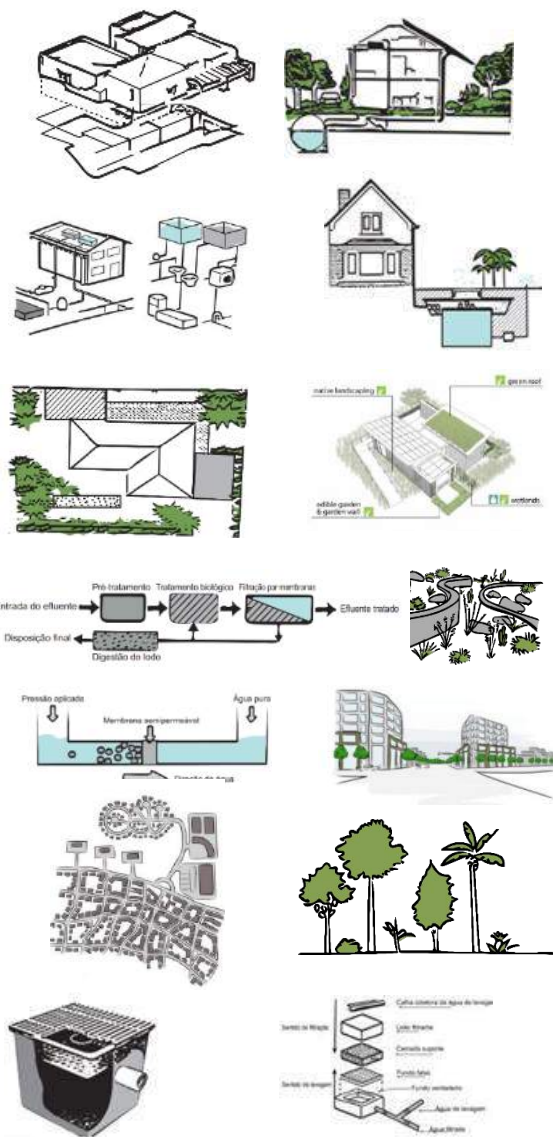
Tabela 2 – Padrões Espaciais para o Desenho Urbano Sensível à água

DESENHO URBANO SENSÍVEL À ÁGUA – (WSUD) – INFRAESTRUTURA VERDE – ECOSSANEAMENTO – AGRICULTURA URBANA- PERMACULTURA - HIDRÁULICA INCA	
PADRÕES GLOBAIS QUE DEFINEM A PAISAGEM E A HETEROGENEIDADE ESPACIAL DOS ECOSISTEMAS	
A.1 Visão holística transdisciplinar dos fluxos de água - (INCAS)	
A.2 Sobreposição de zoneamentos das dimensões morfológicas dos lugares - (LID e DIMPU)	
A.3 Planejamento Regional (Smart Growth/ EPA)	
A.4 Parques urbanos centrais para drenagem	
A.5 Transecto para aplicação do urbanismo agrário e para infraestrutura verde - (URANISMO AGRÁRIO)	
A.6 Agricultura urbana e zoneamento permacultural	
A.7 Compostagem e preparo do solo - (LID)	
A.8 Reabilitação de canais de água - (WSUD)	
A.9 Parques lineares e corredores verdes - (HERZOG)	
A.10 Terraços para contenção de terra e para agricultura - (INCAS)	
A.11 Bioengenharia ou engenharia leve	
A.12 Canais de infiltração - (Permacultura)	
A.13 Lagoas e lagos - (WSUD)	
A.14 Bacias de sedimentação - (WSUD)	
A.15 Zonas úmidas de superfície - wetlands ou alagados construídos - (WSUD)	
A.16 Zonas úmidas para escoamento subsuperficial - wetlands ou alagados construídos - (WSUD)	
PADRÕES GLOBAIS QUE DEFINEM A COMUNIDADE, BAIRROS E AGRUPAMENTO DE EDIFICAÇÕES	
A.17 Traçado das vias e macroparcelas - (LID E SINTAXE ESPACIAL)	
A.18 Tráfego calmo - (LID)	
A.19 Biovaletas ou valas com vegetação e faixas de proteção (WSUD)	
A.20 Jardins de chuva - (WSUD)	
A.21 Covas de árvores de jardins chuva - (WSUD)	
A.22 Pavimentos porosos - (WSUD)	
A.23 Trincheiras de infiltração	
A.24 Ruas compartilhadas	
A.25 Praças pequenas de bairro para infiltração	
A.26 Desenvolvimento compacto (Smart Growth/ EPA)	
A.27 Programas de copas de árvores (Smart growth/ EPA)	
A.28 Estratégia de estacionamento (Smart Growth/	

EPA)

PADRÕES LOCAIS PARA AGRUPAMENTO DE EDIFICAÇÕES OU EDIFICAÇÕES NO LOTE

- A.29 Casas sensíveis à água - (WSUD)
- A.30 Tanques de águas pluviais em domicílios para uso ao ar livre - (WSUD)
- A.31 Tanques de águas pluviais em domicílios para uso em descarga de banheiro - (WSUD)
- A.32 Traçado do terreno e paisagismo - (WSUD)
- A.33 Tetos Verdes - (LID)
- A.34 Iniciativas de conservação de água - (WSUD)
- A.35 Sistema de reutilização de águas cinzas (ECOSANEAMENTO)
- A.36 Processos biológicos de crescimentos suspensos
- A.37. Tanque de evapotranspiração (ECOSSANEAMENTO)
- A.38. Banheiros de compostagem (ECOSSANEAMENTO)
- A.39. Living Machines ou máquinas vivas (ECOSSANEAMENTO)
- A.40 Armadilhas de Poluentes Brutos (GPTs) - (WSUD)
- A.41 Filtração de areia e de profundidade para águas residuais - (WSUD)
- A.42 A filtração por membranas - (WSUD)
- A.43 Desinfecção
- A.44 A dualidade das densidades
- A.45 Custo da densidade construtiva
- A.46 Áreas mais compactas para água
- A.47 Empreendimento Urbano voltado para o transporte público (TOD)
- A.48 TOD e tipologia do lugar
- A.49 Tamanho, forma e conectividade do habitat
- A.50 Infraestrutura de alto desempenho
- A.51 Xeriscape (Smart Growth)
- A.52 Jardins Agroflorestais (Permacultura)



4. CONCLUSÕES

Cidades compactas, densas e verdes fortalecem as vizinhanças sempre que permitem a mobilidade (especialmente a de pedestres) e oferecem estruturas de permanência - lugares que podem ser facilmente apreendidos e ocupados pelas pessoas são tidos como acolhedores e fortalecem a sensação de segurança.

Quando associados aos padrões espaciais e técnicas de infraestrutura ecológica apresentadas, esses espaços compactos e verdes evitam a extensão de áreas impermeáveis e a ocupação de áreas inexploradas da bacia, favorecem a infiltração da água no solo e a reposição dos lençóis freáticos. Dessa forma, o investimento em infraestrutura ecológica é uma maneira de conciliar a demanda por qualidade de vida nas cidades atuais com a necessidade de preservação dos recursos e adequação ao ciclo natural da água.

O urbanismo baseado nos fluxos hídricos, com o desenho de cidades em torno da dinâmica da água, tem se tornado uma ferramenta poderosa para a realidade atual. O Programa WSUD, trabalha nessa direção e visa integrar o planejamento urbano com a gestão, proteção e conservação do ciclo urbano hidrológico. O desenho urbano voltado aos fluxos de água inclui vários aspectos da cidade como vias, qualidade de vida dos cidadãos, arquitetura, tráfegos e microclimas; elementos que unidos às águas sensíveis geram uma ocupação urbana ecologicamente sustentável.

Esta pesquisa se insere no contexto do grupo de pesquisa Água & Ambiente Construído da FAU/UnB na linha de pesquisa Ciclo da Água & Padrões Espaciais Urbanos que busca compreender os fluxos de água nas diversas escalas e seus padrões espaciais, com estudos sobre infraestrutura ecológica e diagnósticos de desempenho ambiental de diferentes sistemas hídricos envolvidos. Neste momento está sendo desenvolvido um Manual “Desenhando com a água no meio urbano: padrões espaciais e infraestrutura ecológica” que auxilie os estudantes, os técnicos de governo e a sociedade na promoção de cidades sensíveis à água. Espera-se que esse trabalho se torne útil para o Comitê de Bacia do Paranoá e possa futuramente ser usado na forma de cartilha.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDER, C.; ISHIKAWA S.; Murray, S.; JACOBSON, M.; FIKSDAHL-KING, I.; ANGEL, S..1977 A Pattern Language. New York: *Oxford University Press*.
- ANDRADE, L.M.S. de.2014. *Conexão dos padrões espaciais dos ecossistemas urbanos: a construção de um método transdisciplinar para o processo de desenho urbano sensível à água no nível da comunidade e no nível da paisagem*.6 de junho de 2014.544 fls. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). Brasília: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília.
- AURBACH, Laurence. 2010. Dense and Beautiful Stormwater management. Ped Shed Blog. Acesso em agosto de 2013. Disponível em <http://pedshed.net/?p=270>.
- FARR, Douglas. 2013.*Urbanismo sustentável*. São Paulo: Bookman Editora.
- HERZOG, C.P. 2015. Infra-estrutura verde para cidades mais sustentáveis. Produtos e sistemas relativos a infra-estrutura. In. Cadernos Virtuais de Construção Sustentável. Secretaria do Ambiente (SEA) do Estado do Rio de Janeiro, 2010b. Disponível em: < <http://inverde.wordpress.com/artigos-e-teses/>>. Acesso em 10 de julho de 2015.
- PSAT & WSU. 2005. *Puget Sound Action Team & Washington State University Pierce County Extension*. Low Impact Development: Technical Guidance Manual for Puget Sound. Washington. 246p.
- SPIRN, A. 2012. *Ecological urbanism: A framework for the design of resilient cities*. Massachusetts, EUA.
- US-EPA - United States Environmental Protection Agency. Using smart growth techniques as stormwater best management practices. 2005. Washington, DC. 2005. Disponível em <www.epa.gov/smartgrowth>.
- US-EPA - United States Environmental Protection Agency's Development, Community, and Environment Division. Protecting water resources with higher- density development. Washington, DC, 2006. Disponível em <www.epa.gov/smartgrowth>.
- WSUD. 2008. City of Melbourne WSUD Guidelines. Applying the Model WSUD Guidelines. An Initiative of the Inner Melbourne Action Plan. Melbourne.
- Wong T.H.F., Allen R., Brown R.R., Deletić A., Gangadharan L., Gernjak W., Jakob C., Johnstone P., Reeder M., Tapper N., Vietz, G. and Walsh C.J. 2013. *Blueprint2013 - Stormwater Management in a Water Sensitive City*. Melbourne: Cooperative Research Centre for Water Sensitive Cities.
- WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). 2015. The United Nations World Water Development Report 2015: *Water for a sustainable world*. Paris: UNESCO.



Paisagismo e Arquitetura através de Burle Marx

Aline Sampaio de Mello Guimarães

Universitat Politècnica de Catalunya, Escola Tècnica Superior D'Arquitectura de Barcelona, Departament de Projectes Arquitectònics, Barcelona, Spain

asamell@gmail.com

ABSTRACT: A relação entre paisagem e arquitetura não é um tema novo e tampouco pouco estudado. O papel do entorno sobre o qual se assenta a arquitetura moderna, por sua vez, se apresenta ainda como um campo a ser bastante revelado, e a obra de Burle Marx, neste caso, nos permite compreender melhor o lugar do jardim e da natureza na arquitetura da modernidade. Ao longo de diversos projetos selecionados para análise poderemos acompanhar o desenvolvimento desta paisagem criada por Burle Marx em meio à evolução e consolidação da arquitetura moderna no Brasil, com a criação do paisagismo moderno brasileiro, desde seu primeiro trabalho nos anos 1930 até os anos 1950. Somente através do estudo de seus projetos e da relação deles com suas demais produções artísticas podemos perceber a totalidade de seu processo criativo. Ao analisar suas plantas e desenhos originais, podemos entender melhor os caminhos que o autor seguiu, seus acertos e seus erros. Relacionando com a arquitetura que acompanhavam, podemos compreender melhor sua composição, sua forma de criar. Finalmente, redesenhando seus projetos podemos compreender suas intenções e destacar os elementos norteadores que queremos estudar. Analisamos, assim, sua obra e identificamos transformações em seu desenho e em seus projetos, em diferentes camadas, o que nos permite reconhecer o uso de linhas e formas caracteristicamente suas. Identificamos também diversos princípios desenvolvidos por Burle Marx que nortearam a organização de seus projetos ao longo de sua carreira, principalmente a relação de seu paisagismo com a arquitetura, objeto de estudo deste trabalho.

Palavras-chave *Modernidade, Paisagismo, Arquitetura, Burle Marx.*

1. INTRODUÇÃO

O trabalho aqui apresentado, ao caracterizar-se como uma pesquisa de arquitetura, tem como principal objeto de estudo as obras e projetos paisagísticos de Burle Marx. Para tanto, estudaremos alguns de seus projetos e sua possível relação com a arquitetura sob qual se assenta a fim de compreender a totalidade existente em seu processo criativo. Ao longo de diversos projetos selecionados para análise poderemos acompanhar o desenvolvimento desta paisagem criada por Burle Marx em meio à evolução e consolidação da arquitetura moderna no Brasil, com a criação do paisagismo moderno brasileiro, desde seu primeiro trabalho nos anos 1930 até os anos 1950. Nos primeiros projetos do paisagista, quando havia uma edificação da qual faziam parte, os jardins traçavam uma relação ainda de bastante dependência com aquela arquitetura, se julgando a seu serviço. As formas curvas ganham já no final dos anos 1930 cada vez mais destaque, ao mesmo tempo que articulam relações internas antes inexistentes nos espaços projetados. A relação com a arquitetura começa a mudar, e o paisagismo manifesta claro interesse em desvincular-se, não se conformando mais como pátio de entrada. Burle Marx vê nos diversos jardins residenciais que concebe a partir dos anos 1940 a oportunidade de projetar com mais autonomia, em conjunto com a arquitetura, antecipando soluções semelhantes que seriam utilizadas nos projetos para Brasília, nos anos 1960, que apresentariam, por sua vez, uma fusão entre a arquitetura e o paisagismo, sendo difícil entender e identificar onde um começa e o outro termina. O paisagismo de Burle Marx se firma então como arte necessária, relacionando-se intimamente com a arquitetura moderna que se desenvolvia.

Podemos ao final utilizar todo o aprendizado com esta experiência de imersão no ato de projetar de Roberto Burle Marx para o desenvolvimento de um trabalho teórico que não só nos sirva de base para o estudo, mas também como complemento para a compreensão da totalidade do autor.

2. PRIMEIROS PROJETOS: RIO DE JANEIRO E RECIFE

O primeiro trabalho paisagístico desenvolvido por Roberto Burle Marx foi o jardim para uma residência em Copacabana, no Rio de Janeiro, em 1932. Convidado pelo arquiteto Lúcio Costa, autor do projeto arquitetônico da residência, Burle Marx projetou o jardim da casa e o terraço-jardim, elemento novo na arquitetura brasileira, que começava a ser utilizado pelos arquitetos seguidores das ideias de Le Corbusier. Para uma nova arquitetura que se lançava no Brasil, era necessário então um novo estilo de jardim, diferente dos moldes europeus que eram utilizados até este momento no país. A residência Schwartz não existe mais. Somente uma fotografia do terraço-jardim chegou aos dias de hoje (Fig. 1). Burle Marx não realizou nenhum projeto, mas fez alguns croquis que, apesar de também não existirem mais, nos comprovam uma intenção prévia do autor para aquele jardim. O desenho do jardim foi pensado a fim de se posicionar de forma axial em relação à entrada. A transição é sutil e marcada principalmente pela ausência do plano superior – plano de teto –, permitindo assim uma maior continuidade visual e espacial. Houve a preocupação de Burle Marx por criar um eixo que ordena o espaço e marca a simetria bilateral existente a partir da entrada ao jardim (Fig. 2).



Figura 1. Fotografia da Residência Schwartz.
Fonte: Cavalcanti & El-Dahdah, 2009

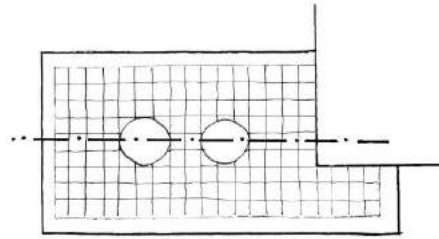


Figura 2. Eixo de simetria da Residência Schwartz. Fonte: Desenho da Autora

A presença desta característica simétrica é importante para mostrar o pensamento do paisagista neste primeiro momento de trabalho e a influência que ainda sofria dos moldes clássicos de projetos vigentes no Brasil até os anos 1930.

Nos primeiros projetos do paisagista, quando havia uma edificação da qual faziam parte, os jardins traçavam uma relação ainda de bastante dependência com aquela arquitetura, se julgando a seu serviço, como pode ser visto também através do espaço de recepção oferecido pela Praça de Casa Forte (1935), em Recife, para a igreja localizada em uma de suas extremidades (Fig. 3). Até mesmo a circulação projetada no interior da praça cumpria a função de caminho para e desde a igreja, como um espaço de transição entre o templo e a cidade, apresentando-se como um patio de entrada ao recinto da igreja. A praça se desenvolve independente das construções ao redor (Fig. 4) e a implantação da Praça de Casa Forte “[...] enquadra-se, segundo a interpretação de Camillo Sitte, na categoria de ‘praça de profundidade’, em relação à Igreja de Casa Forte, existente no local, pois os seus componentes estão dispostos em direção a sua fachada principal” (Sá Carneiro & Pessoa, 2003). Essa disposição dos elementos será repetida diversas vezes por Burle Marx em seus primeiros projetos. Relacionando o jardim com o edifício ainda de forma sutil, normalmente apenas por sua localização frontal em relação à arquitetura, Burle Marx busca também a centralidade da composição através de uma linha axial que assenta o jardim e a edificação moderna (Fig. 5).

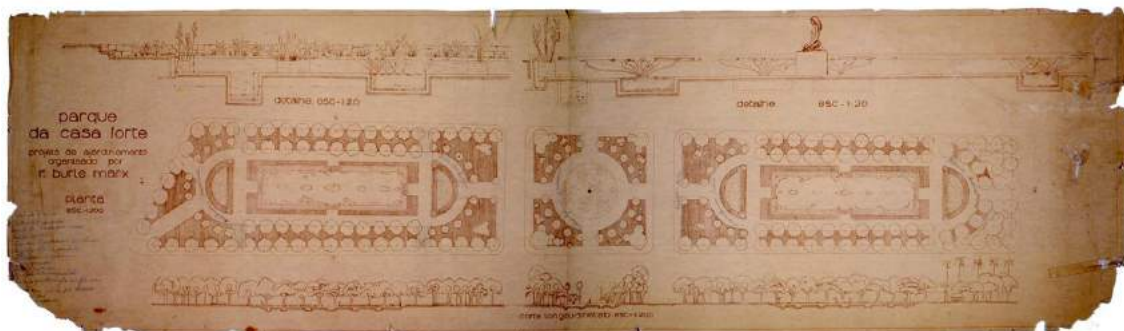


Figura 3. Fotografia de época da Residência Schwartz. Fonte: Acervo Burle Marx & Cia

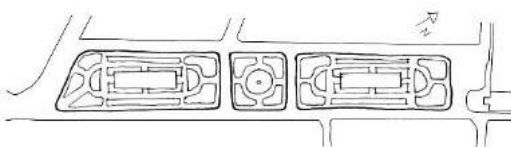


Figura 4. Entorno imediato da Praça de Casa Forte. Fonte: Desenho da Autora

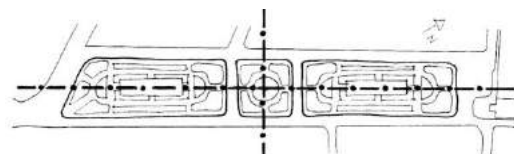


Figura 5. Eixos de simetria da Praça de Casa Forte. Fonte: Desenho da Autora

3. ORGANIZAÇÃO ESPACIAL: PRAÇA SENADOR SALGADO FILHO E MINISTÉRIO DE EDUCAÇÃO E SAÚDE

Pensada para ser a porta de entrada para os visitantes que chegavam ao Rio de Janeiro de avião, a Praça Senador Salgado Filho, iniciada em 1938, apresenta jardins de caráter contemplativo e formalmente representa uma grande ruptura, pois expõe uma linguagem plástica livre das regras clássicas de composição dos canteiros, oferecendo ainda uma estrutura de organização espacial e visual até então inédita (Fig. 6).

Algumas pranchas do projeto original se conservam, e em duas delas constam um memorial que descreve a organização pensada para a praça. Os três parágrafos que compõem o memorial destacam, respectivamente, o lago, a vegetação e a circulação, três elementos de grande importância nas composições de Burle Marx. Em nenhum momento foi comentada a relação da praça com o aeroporto adjacente. O texto gira em torno da definição do paisagismo moderno, especificando, em cada parágrafo, elementos inovadores e de destaque: lago com vegetação aquática, areia, rochas e vegetação regionais e finalmente caminhos de formas livres pavimentados com pedra portuguesa, outro detalhe da cultura local. O desenvolvimento do projeto seguiu independente do diálogo com a arquitetura do aeroporto, seguindo uma linguagem normalmente utilizada por Burle Marx neste período. As mesmas linhas tênues que relacionavam a Praça de Casa Forte com a igreja implantada em um de seus lados seguem presentes na composição da Praça Senador Salgado Filho em relação ao edifício do aeroporto. Uma linha axial determina o posicionamento novamente frontal e central do paisagismo em relação à arquitetura (Fig. 7), aquele servindo, como já foi comentado, de porta de entrada e espaço de transição entre a rua e a edificação.

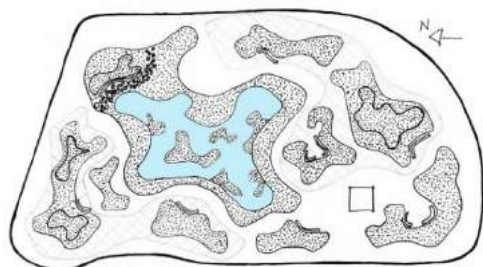


Figura 6. Planta baixa esquemática da Praça Senador Salgado Filho. Fonte: Desenho da Autora

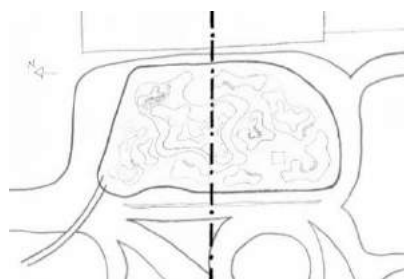


Figura 7. Eixo marcando o alinhamento da Praça Senador Salgado Filho e do edifício do aeroporto. Fonte: Desenho da Autora

O projeto do Ministério de Educação e Saúde, também na cidade do Rio de Janeiro e bem próximo ao aeroporto que acompanhava a Praça Senador Salgado Filho teve um longo processo de elaboração, iniciado também em finais dos anos 1930. O fato de Burle Marx ter ingressado tardiamente no grupo de profissionais que desenvolvia o novo projeto do Ministério – provavelmente entre 1937 e 1938 – fez com que algumas definições prévias devessem ser incorporadas pela proposta elaborada pelo paisagista. A singular implantação urbana (Fig. 8), que diferia do padrão da vizinhança alinhado às vias, gerava uma série de relações espaciais dadas pela própria arquitetura. “Esse entorno livre caracteriza uma moldura ao edifício, atribuindo ao conjunto uma monumentalidade não derivada das formulações tradicionais – de massas volumétricas pesadas e impositivas, à maneira da arquitetura do fascismo – mas resultante do contraste da imponência da escala da obra e

dos vazios criados no distanciamento entre o volume prismático do MES com os edifícios adjacentes [...]” (Segawa, 1999).

Se o projeto final dos arquitetos brasileiros criava grandes áreas no térreo, configurando uma verdadeira praça cívica (e não uma praça ajardinada, como era costume na época) é também verdade que muitas dessas ideias estavam presentes em um estudo que Le Corbusier desenvolveu em sua visita ao Brasil (Fig. 9). Burle Marx, por sua vez, a partir do momento que integrou o grupo, assumiu algumas propostas dos arquitetos – sobretudo o acesso principal pela parte sul – e alterou outras – sendo o descarte da aleia de palmeiras a decisão mais radical –, mantendo assim os princípios de permeabilidade visual e espacial já previamente esboçados.

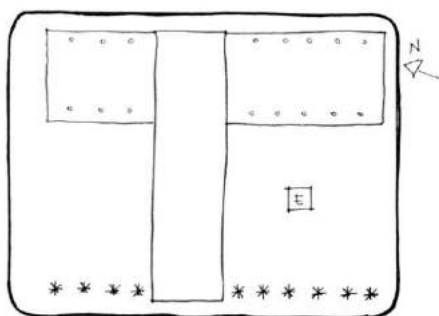


Figura 8. Implantação esquemática da proposta dos arquitetos brasileiros para o Ministério. Fonte: Desenho da Autora

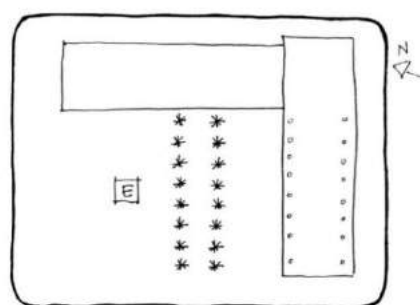


Figura 9. Implantação esquemática da proposta de Le Corbusier para o Ministério. Fonte: Desenho da Autora

A proposta do paisagista, portanto, era inovadora em relação à espacialidade criada – ainda que herdada do projeto arquitetônico, ela fora assumida e levada adiante por Burle Marx – e obedecia ao que o paisagista defendia: um espaço para muitos, um jardim ordenado inserido no espaço urbano que estimula a convivência e o encontro com o outro e consigo mesmo. Além do movimento aleatório, a integração com a cidade é outra característica herdada exclusivamente dos projetos de Recife. O jardim do Ministério abre-se ao entorno, delimitado tão somente por uma mínima elevação desde a rua (Fig. 10). A conexão entre interior e exterior conseguida ganha importância com a ausência de elementos no perímetro da praça, eliminando qualquer filtro que pudesse existir entre a cidade e o espaço projetado, o que no projeto original dos arquitetos brasileiros poderia ser representado pela aleia de palmeiras.

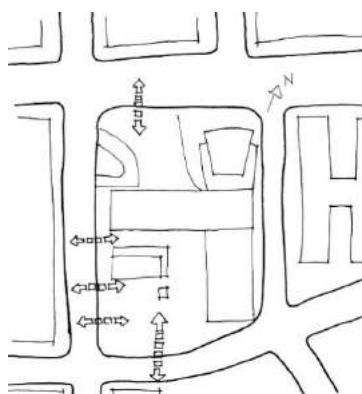


Figura 10. Entorno imediato do Ministério da Educação e Saúde. Fonte: Desenho da Autora

Os dois terraços-jardim propostos por Burle Marx não fugiam muito do que Le Corbusier e a equipe de arquitetos haviam pensado. Os terraços-jardim não assumiam a característica de voltar-se para dentro, como na Residência Schwartz, mas sugeriam o passeio e a circulação para a então visualização da paisagem ao redor, como uma forma de ressaltar a integração com a cidade – já comentada anteriormente – e destacar o diálogo entre a arquitetura moderna construída e a paisagem circundante.

Na segunda e definitiva proposta de 1944 para o Ministério da Educação e Saúde, conhecida e divulgada por todo o mundo, O desenho do térreo mantém a mesma espacialidade criada na primeira versão, com uma extensa área aberta. Burle Marx localizou os canteiros principalmente nas extremidades do terreno, fazendo uma transição entre espaço interno e espaço externo, em uma relação de permeabilidade através da qual o visitante pode adentrar o recinto (Fig. 11). Na face sul, a escultura permanece marcando a entrada, abrigada entre dois canteiros que a abraçam e recebem os visitantes.

Na realidade esta versão ganha uma organização mais equilibrada, na qual os canteiros tentam rebater o volume do edifício localizado a leste – podemos também entender não como um rebatimento, mas como uma articulação com as formas do terraço-jardim sobre o bloco de exposições. O espaço central permanece livre para a convivência, reforçando a ideia já trazida na primeira versão do projeto da linha axial atravessando o conjunto no sentido norte-sul.

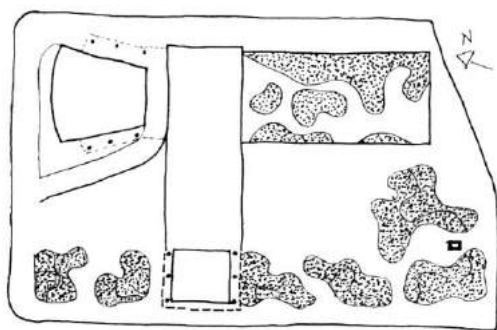


Figura 11. Planta baixa esquemática dos jardins do térreo do MES. Fonte: Desenho da Autora

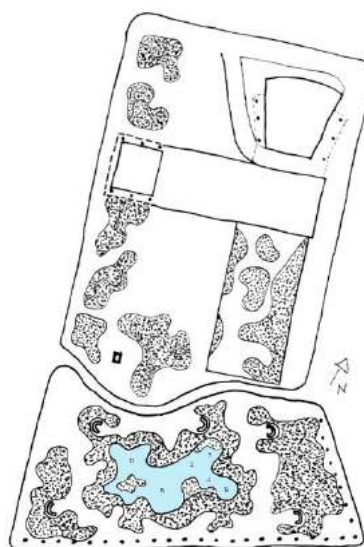


Figura 12. Planta baixa esquemática de todo o conjunto no térreo do MES, com a proposta para o terreno adjacente. Fonte: Desenho da Autora

Uma outra proposta, pensada pelo paisagista para o terreno adjacente a sul da área original, serviria de pátio de entrada ao conjunto do Ministério (Fig. 12). Apesar de nunca ter sido executada, a composição merece atenção e análise adequada quanto à sua relação com o conjunto planejado pelo paisagista para o Ministério da Educação e Saúde, principalmente por resgatar a configuração presente nos projetos da Praça de Casa Forte e da Praça Senador Salgado Filho. O jardim frontal desenvolve-se independente da arquitetura, permanecendo em um espaço muito bem delimitado em relação ao espaço da edificação. A relação com essa arquitetura se dá pelo alinhamento que configura um eixo ordenador que une o jardim ao

edifício de forma frontal e central. O exagero das curvas, explicado pela busca de um novo modelo que o paisagista testava nos projetos deste período, cria relações e tensões espaciais em um movimento das superfícies que avançam e recuam incessantemente, ao mesmo tempo que articulam relações internas antes inexistentes nos espaços projetados. O paisagismo se afirma então em meio à modernidade que se instalava, tendo importância e valor visual equiparado à produção arquitetônica moderna brasileira da época, sendo a figura de Burle Marx sua maior referência.

4. CONSOLIDAÇÃO DO MODELO

A década de 1950 caracteriza-se por um período de transição na obra de Roberto Burle Marx. O pós-guerra foi marcado por um grande crescimento da população das cidades que, necessitando de grandes intervenções, abriram as portas para a consolidação do movimento moderno em inúmeras obras públicas. Neste mesmo momento, as famílias mais endinheiradas começaram também a encomendar obras a Burle Marx, pois todos queriam a nova tendência moderna em suas casas. Por este motivo, as residências privadas se destacam dentre as obras desenvolvidas pelo paisagista neste período.

Neste momento podemos reconhecer uma crescente afirmação de seu desenho, ao verificarmos uma maior liberdade em trabalhar o espaço do jardim, que não se limita mais a ocupar somente a parte frontal da composição. Nos projetos anteriormente apresentados é muito direta a relação existente entre o paisagismo projetado e a arquitetura da qual faz parte, normalmente definida por um eixo que alinha jardim e edificação, chegando a ser defendida por Geraldo Ferraz (apud Júnior, 1994) como um complemento necessário da arquitetura. A partir dos jardins residenciais idealizados neste período, Burle Marx encontra um caminho e uma oportunidade de projetar com maior liberdade, resultando em verdadeiros parques privados: “Logo, porém, surgiram oportunidades excepcionais de projetar com toda a liberdade (e muita sensibilidade) verdadeiros parques privados nas montanhas em torno do Rio de Janeiro e em outros locais. [...] permite que seu trabalho não seja apenas a moldura adequada para o edifício. Muitas vezes o paisagismo é chamado a complementá-lo, se não a corrigi-lo” (Júnior, 1994).

O jardim para Odette Monteiro rompe com o modelo clássico de centralidade desenvolvido por Burle Marx no início de sua carreira, e consolida uma maneira de projetar exclusivamente sua. Se o paisagismo antes criado mantinha um caráter direto e elementar com a arquitetura existente – até mesmo em razão da presença do eixo ordenador –, como comentado nos projetos da Praça de Casa Forte, da Praça Senador Salgado Filho e também nos jardins do projeto definitivo do Ministério da Educação e Saúde, aqui na Residência Odette Monteiro passa a assumir um papel protagonista na composição. O paisagismo não se apresenta mais a serviço da arquitetura, mas trabalha com ela pelo resultado final aspirado.

A região, conhecida como Serra dos Órgãos, na parte serrana do estado do Rio de Janeiro, serviu de cenário para a composição do paisagista, que parece ter se inspirado nas formas das montanhas para desenhar as curvas do jardim. O vale onde a residência está inserida também não impôs limites, permitindo que Burle Marx apresentasse todas as suas intenções para uma intervenção deste porte. Diferente dos anteriores projetos que o paisagista desenvolveu, normalmente inseridos em uma malha urbana (praças e terraços-jardim),

aqui ele pôde interferir com autonomia, inclusive com mudanças na topografia, para que o terreno se adaptasse melhor à sua proposta paisagística e gerasse visuais mais favoráveis, principalmente desde a residência e em direção ao entorno imediato.

A dimensão que o paisagismo ganhou neste projeto foi tão importante que coube a Burle Marx – a pedido da proprietária – a definição do lugar da casa, para que esta melhor se implantasse perante o jardim (Fig. 13). Indo além do comumente repetido pelos arquitetos modernos, que o jardim pode ser considerado como o prolongamento da habitação, o jardim neste caso passa a ser pensado não mais em razão da arquitetura e sim a desenvolver-se em conjunto com ela – não sendo um impedimento a valorização da arquitetura através do paisagismo. Sobre isso, Bruno Zevi disse (1979, apud Júnior, 1994): “As imagens paisagísticas mais felizes são independentes do colóquio com a arquitetura. No Parque Odete Monteiro, no Rio, a fantasia de Burle Marx se exprime sem polêmica, reelaborando livremente motivos do jardim japonês e do jardim inglês, utilizando material inédito da flora brasileira: aqui a paisagem não se concebe mais em função da arquitetura nacionalista, mas segue uma lei própria e marca, no filão tradicional da paisagística, uma página francamente personalizada”.



Figura 13. Posição da casa em relação ao jardim, gerando visuais que se integram ao entorno.

Fonte: Siqueira, 2001

Adams (1991) é mais incisivo e diz que “[...] the Monteiro Garden turns its back on the indifferent architecture and unites with the surrounding natural landscape and dark, granite mountains beyond”.

Desenvolvido praticamente ao mesmo tempo do que o jardim da Residência Odette Monteiro, o jardim da Residência Burton Tremaine, de 1948, à primeira vista pode remeter fortemente às formas consolidadas naquele, porém já podemos observar alguns esboços de uma maior angulação que seria utilizada por Burle Marx em seus projetos tardios.

Permeando os espaços abertos da residência, o jardim engloba a arquitetura em uma relação similar à apresentada na Residência Odette Monteiro. Aqui o paisagismo proposto retoma a ideia de relacionar-se com a edificação e vai além, configurando-se como prolongamento da residência. Suas formas chegam a se confundir, não permitindo encontrar o limite entre o início de um e o término do outro (Fig. 14), em um trabalho que possivelmente resultou da colaboração entre arquiteto e paisagista.

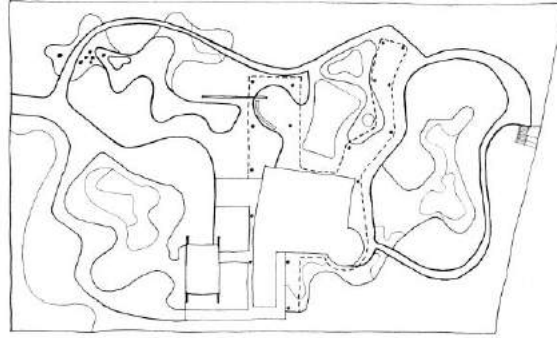


Figura 14. Traçado do jardim e da Residência Burton Tremain.

Fonte: Desenho da Autora

Macedo (1999) define bem essa relação característica dos jardins modernos no Brasil a partir dos anos 1950: “Nas novas concepções projetuais, tanto arquitetônicas como paisagísticas, deve haver uma continuidade espacial entre os espaços internos da residência, ou edifício, e o espaço externo. A fluidez é garantida por amplas janelas e portas envidraçadas, pisos contínuos e generosas varandas, que a exemplo de suas congêneres do passado, são amplamente utilizadas pelas famílias como espaços de estar e socialização, cumprindo o papel de elementos de transição entre a residência e o jardim”.

Localizada na Califórnia, em uma alta plataforma na beira do Oceano Pacífico, a intenção do projeto era liberar as visuais permitindo a interpenetração exterior-interior através do uso de pilotis, marquises e terraços (Heck, 2003), valorizando a paisagem marítima do limite aos fundos da propriedade. A área da piscina é a que mais mostra esta intenção, pois, ao ser uma área aberta, aceita uma interseção das linhas projetuais, permitindo a penetração do jardim na parte privada da residência. Esta ideia da fusão entre a proposta arquitetônica e paisagística seguiria sendo utilizada pelo paisagista, em larga escala também nos projetos para os ministérios de Brasília, inclusive com a apropriação direta desta estratégia de inserir o jardim na parte privada da edificação – iniciada aqui na Residência Burton Tremain – com a conformação do jardim interno do Ministério das Relações Exteriores.

5. CONCLUSÃO

Nos primeiros projetos do paisagista, quando havia uma edificação da qual faziam parte, os jardins traçavam uma relação ainda de bastante dependência com aquela arquitetura, se julgando a seu serviço – como o espaço de recepção oferecido pela Praça de Casa Forte, em Recife, para a igreja e mesmo nome.

Se o projeto da Praça Senador Salgado Filho nos apresenta uma proposta formal extremamente peculiar, com a evolução do projeto dos jardins para o Ministério da Educação e Saúde podemos ver a ruptura formal por que passou a obra de Burle Marx e, conseqüentemente, o projeto das praças brasileiras. A partir desses dois projetos vislumbramos espaços que, apesar de desenvolvidos ainda muito independentes da arquitetura que acompanham – espaço do jardim bem delimitado em relação ao espaço da edificação –, mantêm relação com essa arquitetura, tanto pelo alinhamento que configura um eixo ordenador unindo o jardim centralizado à fachada do edifício, como pela função de porta de entrada, de espaço de transição entre a rua e este edifício. Conforme escreveu Lucio Costa, em um texto de 1951, em uma de suas raras referências escritas a Burle Marx: “[...] a

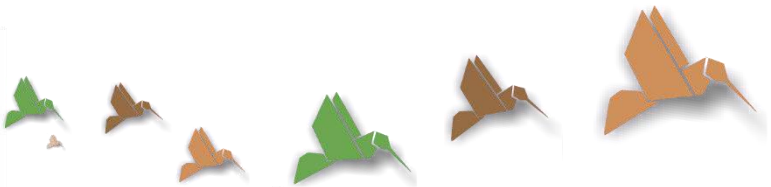
arquitetura de Niemeyer se enriqueceu pela contribuição paisagística do pintor Roberto Burle Marx, que soube renovar a arte da jardinagem, introduzindo-lhe na concepção, escolha e traçado os princípios da composição plástica erudita de sentido abstrato” (Júnior, 1994). Esta realidade só vai apresentar mudanças com os projetos a partir dos anos 1950.

Burle Marx vê nos diversos jardins residenciais que concebe neste período a oportunidade de projetar com mais autonomia, em conjunto com a arquitetura, construindo verdadeiros parques privados, utilizando muitas vezes a arquitetura como um elemento da composição. A dimensão que o paisagismo ganhou na Residência Odette Monteiro, por exemplo, chegou a dar a Burle Marx a responsabilidade de locar a casa em meio ao conjunto, para que melhor se implantasse perante o jardim.

A produção em conjunto com a arquitetura permanece em diversos outros projetos de residência do período, como na Residência Burton Tremaine, com linhas próprias, porém desenvolvido e implantado em meio à obra do arquiteto, envolvendo-a e confundindo os limites do desenho do paisagismo e da casa – o desenho de Burle Marx inclusive se desenvolve em um certo momento no interior da arquitetura, abaixo da cobertura em pilotis projetada por Niemeyer, antecipando soluções semelhantes posteriores como o jardim interno do Ministério das Relações Exteriores, em Brasília. O paisagismo de Burle Marx se firma então como arte necessária, relacionando-se intimamente com a arquitetura moderna que se desenvolvia.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, William Howard. *Roberto Burle Marx: the unnatural art of the garden*. New York: The Museum of Modern Art, 1991. ISBN 0870701975.
- CAVALCANTI, Lauro Paiva; El-Dahdah, Farès (Org.). *Roberto Burle Marx: a permanência do instável, 100 anos*. Rio de Janeiro: Rocco, 2009. ISBN 9788532524294. Catálogo da exposição comemorativa do centenário de nascimento do artista realizada no Museu do Paço Imperial de 12 de dezembro de 2009 a 19 de abril de 2009.
- HECK, Márcia. *As casas cariocas e a arquitetura moderna*. Panorama da arquitetura de residências unifamiliares no Rio de Janeiro: 1945-1975. In: SEMINÁRIO DOCOMOMO BRASIL, 5., 2003, São Carlos. Anais eletrônicos... Disponível em: <<http://www.docomomo.org.br/seminarios.htm>>. Acesso em: 04 mar. 2011.
- JÚNIOR, Euler Sandeville. *Paisagem completa: breve viagem pela obra de Burle Marx*. Projeto, n. 179, p. 89-90, 1994. ISSN 01011766.
- MACEDO, Silvio Soares. *Quadro do paisagismo no Brasil*. São Paulo: FAUUSP/QUAPÁ, 1999. ISBN 8590116921.
- SÁ CARNEIRO, Ana Rita; PESSOA, Ana Cláudia. *Burle Marx nas praças do Recife*. Portal Vitruvius, Arqtextos 042.03, 2003. Disponível em: <http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq042/arq042_03.asp>. Acesso em: 18 jul. 2005. ISSN 18096298.
- SEGAWA, Hugo. *Arquiteturas no Brasil, 1900-1990*. São Paulo: EDUSP, 1999. ISBN 8531404452.
- SIQUEIRA, Vera Beatriz. *Burle Marx*. São Paulo: Cosac & Naify, 2001. ISBN 8575030892.



AVALIAÇÃO PÓS- OCUPAÇÃO (APO) E CONFORTO TÉRMICO EM ESPAÇOS PÚBLICOS ABERTOS NA PERIFERIA DA CIDADE DE SALVADOR -BA

Neila Lima Branco

*Federal University of Bahia, Master Program in Urban and Environmental Engineering (MEAU),
Salvador (BA), Brazil*

neila.arq@gmail.com

Rita Dione Araujo Cunha

*Federal University of Bahia, Master Program in Urban and Environmental Engineering (MEAU),
Salvador (BA), Brazil*

ritadi@uol.com.br

Telma Cortesê Quadros de Andrade

*Federal University of Bahia, Researcher at Graduate Business Administration (NPGA), Salvador (BA),
Brazil*

cortes@ufba.br

RESUMO: Este artigo analisa as formas de apropriação de espaços públicos abertos em uma área central de Salvador-Bahia, denominada Miolo da cidade, levando em conta o comportamento dos usuários e o conforto térmico local. Foi realizado um diagnóstico da qualidade ambiental urbana da Praça Nova República (PNR), no bairro de Tancredo Neves/Beiru, através de Avaliação Pós-Ocupação (APO) e da avaliação das condições microclimáticas. Também foi levantada a opinião dos usuários da praça e moradores do bairro, identificando os aspectos positivos e negativos que possam vir a minimizar e/ou corrigir os problemas detectados no projeto ou no próprio espaço. Este trabalho destacou a importância de espaços abertos para lazer e para a paisagem urbana, e como estes refletem o acesso e o direito à cidade. Foram realizadas entrevistas, questionários e observação direta com os usuários do espaço e moradores do entorno entre os meses de maio a outubro de 2014, e os resultados mostraram insatisfação com as condições de manutenção, segurança, mobiliário e microclima e desconforto térmico (estresse térmico positivo), fatores que influenciam diretamente os usos e apropriações desse espaço.

Keywords *Avaliação Pós-Ocupação, Conforto Térmico, Espaços públicos abertos*

1. INTRODUÇÃO

Os processos de uso e ocupação do solo desordenados e o crescimento das cidades brasileiras, têm resultado no predomínio da ocupação informal, comprometimento dos recursos naturais e carência de espaços de lazer e recreação, especialmente nas áreas periféricas da cidade.

Os espaços livres públicos são primordiais para a qualidade ambiental urbana e exercem importantes funções urbanas, no contexto social, cultural e ambiental. As praças, parques, largos e as ruas muitas vezes são o coração de alguma área, localidade ou região. Esses espaços têm a capacidade de conectar as diversas atividades urbanas, como também podem ser considerados como espaços de ligação, passagem ou convivência, além de estimularem a vida pública e o sentido de pertencimento à cidade.

Avaliar o desempenho dos espaços livres públicos da periferia é primordial para diagnosticar a qualidade ambiental urbana. Cunha (2002) afirma que os métodos e técnicas de APO provam ser muito eficientes na análise dos espaços abertos, pois possibilitam identificar os fatores que contribuem com a qualidade satisfatória do ambiente, em especial porque levam em conta o comportamento dos usuários e a verificação da forma de apropriação do espaço por eles. A APO considera a opinião dos usuários, além de identificar os aspectos positivos e negativos que tanto possam minimizar e/ou corrigir os problemas detectados no projeto ou no próprio espaço.

Este trabalho foi estruturado a partir da metodologia de APO descrita por Ornstein (1992) e fundamentado na pesquisa Avaliação Pós-Ocupação e o Conforto Térmico nos espaços livres no Miolo da cidade de Salvador-BA (Branco, 2014). A área de estudo foi a Praça Nova República (PNR), localizada no bairro de Tancredo Neves, região do Miolo da cidade de Salvador- BA- Brasil. A PNR além de ser a única praça do bairro, possui no seu entorno, um forte caráter central e social, devido a diversidade de atividades e usos observados.

1.1 Área de estudo

Salvador é a terceira cidade mais populosa do país, com aproximadamente 3 milhões de habitantes, área total de 313Km², que abrange a porção continental e insular. A cidade está localizada entre as coordenadas de latitude e longitude: 13°01'26"S-38°16'42"W e 12°44'8"S -38°43'0"W, e clima tropical Úmido caracterizado com médias anuais de Tar=25,3°C; Uar= 80,9%, Vv=2,28 m/s, direção predominante Sudeste e pluviosidade total de 2.144mm, sem estação seca (INMET, 1961-1991). A porção continental da cidade possui área de 279Km² e morfologia singular, caracterizada por três zonas distintas: a Faixa de planície da Baía de Todos os Santos, a Faixa de planície litoral Atlântica e o Miolo (Fig. 1). O Miolo possui área total de 115 km² e está localizado na região central da cidade. Seus limites são a BR324, a Avenida Luiz Vianna Filho (Avenida Paralela) e os municípios de Lauro de Freitas e Simões Filhos. Região considerada área rural da cidade até as décadas de 50 e 60 do século XXI, com predomínio de fazendas de frutas, sítios, chácaras e terreiros de candomblé (SALVADOR, 2009). Um dos primeiros equipamentos construídos no Miolo foi o 19º Batalhão de Caçadores Pirajá (1943), que manteve preservada parte da vegetação de Mata Atlântica, a Rua Silveira Martins (1965-1966), a Companhia de Eletricidade do Estado

da Bahia (COELBA) (1970), a Empresa Baiana de Águas e Saneamento (EMBASA) (1976), a Fundação da Criança e do Adolescente FUNDAC (1976-1979), o Hospital Geral Roberto Santos e a Telecomunicações da Bahia (TELEBAHIA) (1978), a Universidade do Estado da Bahia (1979) e o Hospital Psiquiátrico Juliano Moreira (1982). Também foram construídos conjuntos habitacionais na década de 70, pelo plano nacional das políticas públicas de habitação (GOUVEIA, 2010). Em 1985, o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PLANDURB), Lei n. 3.525/85, estabelece o Miolo como área de expansão urbana da cidade.



Figura 1. Cidade de Salvador. Source: Branco, 2016.

Politicamente o Miolo abrange 4 Regiões Administrativas (RAs): Cabula (RAXI), Tancredo Neves (RA XII), Pau da Lima (RA XIII) e Cajazeiras (RA XIV) (PDDU, 2004) (Fig. 1), e possui uma população de 739.178 habitantes (28,67%), predominantemente de baixa renda e escolaridade, da raça/cor negra (IBGE, 2010). A ocupação do solo é não-planejada, com elevada densidade construída, carência de espaços livres de lazer e recreação. A oferta de terras barratas no século XX, foi uma alternativa de moradia para fugir dos elevados custos do aluguel praticados na área tradicional da cidade, além da possibilidade de melhoria das condições de vida na capital, para a população oriunda do recôncavo baiano. Entre 1968-1974, houve o registro das primeiras invasões na região, como a que originou o antigo bairro do Beirú, atual Tancredo Neves. Segundo Fernandes (2004) o Miolo transformou-se na área de maior expressão do processo de periferização sócio-espacial da cidade de Salvador, como também de antropização do meio natural.

O bairro de Tancredo Neves é de origem africana Yorùbá, da segunda metade do século XIX, em homenagem ao escravo africano Gbeiru nascido na Nigéria (África), em Oió. Escravo comprado por um membro da família Garcia D'Ávila para a Fazenda Campo Seco (1820) que posteriormente cria um quilombo nessas terras. Em 1910 as terras da sede da Fazenda Beirú são vendidas ao pai de santo Miguel Arcanjo, para a criação de um terreiro de candomblé. Posteriormente, com a morte do pai de santo, as terras são novamente vendidas ao senhor Francisco Oliveira, que também ao morrer, tem parte das suas terras vendidas ao poder público, por seus cinco filhos, e nesse espaço foi construído o posto médico do bairro. Em 1976, o Decreto Estadual nº25.144 desapropriou uma área de 5.500.000m², para a construção do Centro de Recuperação de Menores, atual FUNDAC (Fernandes, 2003). Para Correia (2010), essas novas ocupações comprometeram a integridade cultural da área, em

função da retirada de diversas árvores sagradas vinculadas aos cultos Amburaxó do Camdomblé, e desestimularam a especulação imobiliária no bairro. Em 2005, plebiscito altera o nome do bairro de Beiru para Tancredo Neves, em homenagem ao falecido ex-presidente da República do país (Fernandes, 2003). Entre 1970 e 1980, o crescimento populacional da região do Miolo foi superior ao da cidade de Salvador, com 823,1% e com uma taxa anual de aproximadamente 25% a.a. Atualmente o bairro é considerado consolidado, com densidade populacional de 31.469,30hab/km², vegetação natural comprometida e recursos hídricos contaminados por efluentes (Salvador, 2009). Segundo o IBGE (2010), a renda média é de 1 a 2 Salários Mínimos (SM), sendo 41,15% das famílias chefiadas por mulheres. Quanto a escolaridade-Tempo de estudo entre 4 a 7 anos, têm-se que 30,1% são mulheres e 34,6% são homens. Quanto a distribuição de parques, praças e largos por RAs, segundo o PDDU de 2008, a RA XII possui 5 praças e não existem parques e lagos. Considerando que a população passou de 178.803 para 221.407 habitantes em 10 anos (IBGE, 2000-2010), existe uma deficiência de espaços de lazer e recreação, sendo a PNR a única praça pública do bairro, pois a praça do Conjunto Habitacional Arvoredo é particular. Dentre outras alternativas de lazer e recreação para essa população existem três campos de futebol (terra) e as quadras poliesportivas das escolas públicas municipais, estaduais e da FUNDAC.

A área de estudo, a Praça Nova República (PNR) está localizada no bairro de Tancredo Neves e possui área total de 2.595,25 m². A praça tem dois acessos, o principal pela Rua Pernambuco e o secundário pela Rua Betel. A praça possui três fachadas limitadas por edificações (Centro de Saúde Odilon Dórea, Associação de Moradores, 11^a Delegacia do Bairro e as edificações residenciais do Bairro do Arenoso), que obstruem a visualização do e identificação do espaço (Fig. 2).



Figura 2. Croqui da Praça Nova República. Source: CONDER, 2010

A Praça foi reformada em 2010 pela Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia (CONDER), a partir do Projeto Praças da Juventude do Programa Nacional de Segurança Pública com Cidadania (PRONASCI), do Ministério da Justiça e a CONDER, visando a melhoria da segurança pública, visto que, o bairro apresentava elevados índices de criminalidade e poucas opções de lazer e esportes para os jovens (adolescentes). Os equipamentos e mobiliário da praça são: os parques infantis I e II (escorregadeira, balanço e gira-gira), uma quadra poliesportiva, uma pista de skate e dois espaços de convivência, sendo um elevado, com bancos e mesas pre-moldados fixos (deck de mesas) e os bancos curvos em concreto, próximos aos parques infantis. A pavimentação do espaço é em concreto, com áreas ajardinadas (grama, arbustos e árvores de médio porte), exceto o piso

em areia dos parques. A vegetação arbórea representativa está localizada no canteiro frontal ao Posto de Saúde (6 árvores da espécie *Ficus*), que recentemente foi retirada para dar espaço ao estacionamento dos funcionários do Posto de Saúde e para inibir o comércio informal de bebidas e frutas, localizado no canteiro frontal da praça. No total a praça possui nove árvores, sendo três localizadas no parque infantil I (próximo a 11^a Delegacia), quatro no parque infantil II (próximo ao Posto de Saúde), uma no centro da praça (área dos bancos curvos) e uma na pista de skate (Fig. 2). Não existem lixeiras, placas de sinalização e sanitários. A iluminação pública é com postes, porém as lâmpadas foram furtadas ou danificadas, comprometendo a iluminação do espaço à noite.

2. METODOLOGIA

A metodologia de Avaliação Pós-Ocupação (APO) foi fundamentada em Ornstein (1992), com objetivo de diagnosticar aspectos positivos e negativos do ambiente em uso, a partir das avaliações dos fatores técnicos, funcionais e comportamentais. Essa avaliação possibilita definir recomendações que minimizem ou corrijam problemas detectados no ambiente. No trabalho de campo foram realizados: observação direta, levantamento físico, questionários de percepção térmica e entrevistas. Os questionários foram aplicados com a população adulta, na faixa etária de 20 a 59 anos e as entrevistas com os usuários do espaço e pessoas chave (líderes da Associação de moradores, funcionários do Centro de Saúde e comerciantes formais e informais do entorno). A observação direta fez a avaliação visual e do funcionamento do espaço, para identificar os tipos de atividades realizadas, o local e a frequência de usos, como também a existência de oportunidades ou restrições de uso da praça. O levantamento físico considerou a infraestrutura do espaço, em relação ao tipo, quantidade e qualidade dos equipamentos e do mobiliário, e quanto ao conforto térmico foi analisado a vegetação, sombreamento e ventilação. As entrevistas identificaram o perfil dos usuários (gênero, idade, local de residência e atividade ocupacional), hábitos de lazer e opiniões em relação à PNR, como atividades de lazer exercidas no dia de folga, motivações de ir a praça, a quantidade de brinquedos e espaços para as práticas esportivas; o que gostam, não gostam ou o que pode ser melhorado; a vegetação, o mobiliário e a segurança. Os questionários de percepção térmica foram adaptados de Matzarakis e Mayer (2000), em que cada valor se refere a uma sensação térmica percebida, sendo 9 escalas de classificação: 1- Extremos frio, 2- Muito forte frio, 3- Muito frio, 4- Frio, 5- Pouco de frio, 6- Nem calor, nem frio (confortável), 7- Pouco calor, 8- Calor, 9- Muito calor. Os dados foram analisados estatisticamente e classificados segundo a escala de percepção térmica, com base no índice PET (°C). Paralelamente, foram coletadas as variáveis ambientais de temperatura do ar (°C), Umidade relativa do ar (%), temperatura do globo cinza (°C), velocidade (m/s) e direção do vento (ISO/DIS 7726/98); pela estação meteorológica móvel Vantage Pro 2 Wireless, marca Davis, instalada à sombra no pátio da 11^a Delegacia, por questão de segurança; a 1,5m da superfície, no ponto de latitude 12°56'40" S, longitude 38°26'46" W e altitude de 70m.

O estudo foi organizado em dois dias úteis da semana por mês, durante maio a outubro de 2014, entre 7h às 20h, em função do grande fluxo de pessoas que transitam, comercializam e/ou consomem produtos e serviços no entorno da PNR.

3. AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO DA PRAÇA NOVA REPUBLICA (PNR)

A pesquisa de campo produziu Mapas Comportamentais, de Traços Físicos e de Conflitos do espaço. O primeiro possibilita avaliar as formas de resposta às condições físicas impostas pelo projeto, atendimento ou não as necessidades dos usuários, como adaptações em mobiliários ou equipamentos, registros de subproduto do uso; o Segundo, o estado de manutenção, conservação do mobiliário, e os registros e vestígios deixados por atividades, como mensagens públicas, símbolos ou traços de demarcação de território; e o terceiro os conflitos existentes (Figs 3-4).

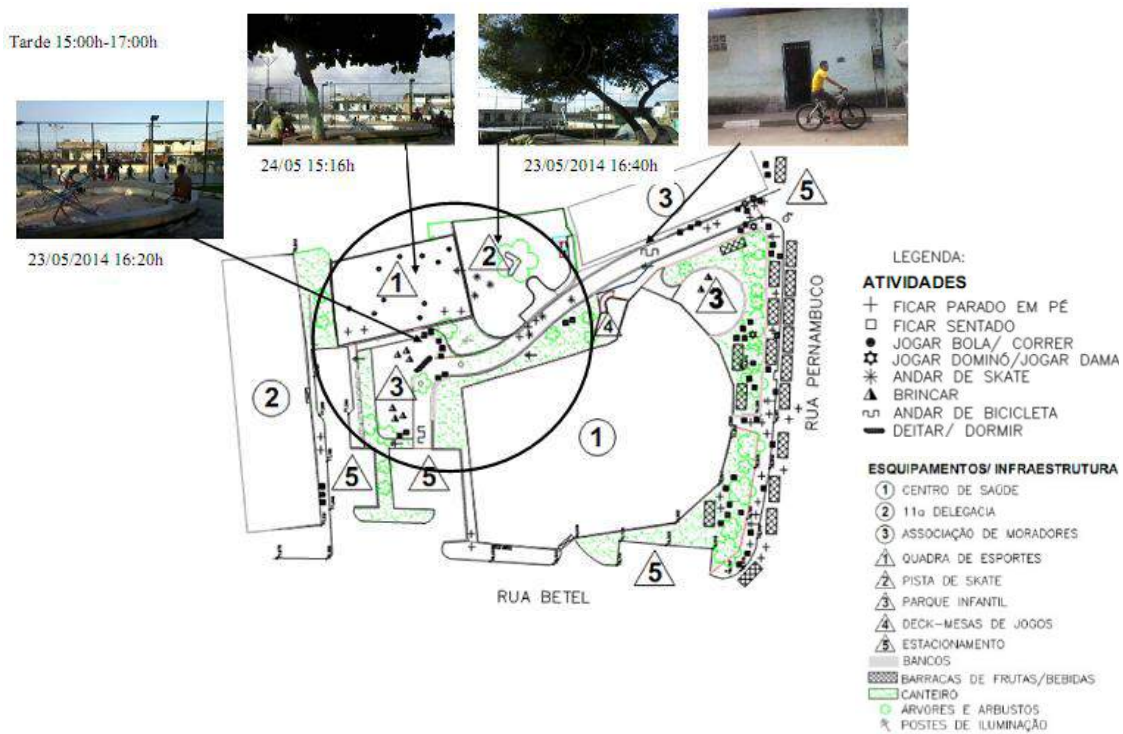


Figura 3. Mapa Comportamental da Praça Nova República por período. Source: Branco, 2014.

Observou-se que na praça predominam os adolescentes e crianças, nos horários diurnos de antes das 10h e após as 16h, quando há uma menor incidência da radiação solar, apesar da ventilação natural. No período noturno, das 18h às 20h, os adultos localizam-se nas barracas de bebidas localizadas no canteiro do Posto de Saúde e da praça. Os idosos raramente frequentam o espaço e o utilizam como passagem, visto a proximidade com uma igreja evangélica e o comércio local. Os dois parques infantis são pouco utilizados durante o dia (4-5 crianças), em função da ausência de manutenção, com a maioria dos brinquedos danificados, além da presença de lixo e de animais (cães). A pista de skate é utilizada entre 10h-12h e após as 16h pelos adolescentes (4-5 pessoas), o deck de mesas tem uso eventualmente no período diurno pelos adultos e adolescente, sendo que, a partir das 17h eventualmente é ocupado por 4-5 pessoas. A quadra poliesportiva foi o espaço com maior frequência de utilização, sendo utilizado diariamente para a prática de futebol ou basquete, tanto por crianças de 8-10 anos (5-6 pessoas) e adolescentes (18-20 pessoas), tanto no

período matutino como vespertino, até mesmo nos horários de maior incidência solar e com a sensação térmica de calor, entre os horários de 10h às 13h.

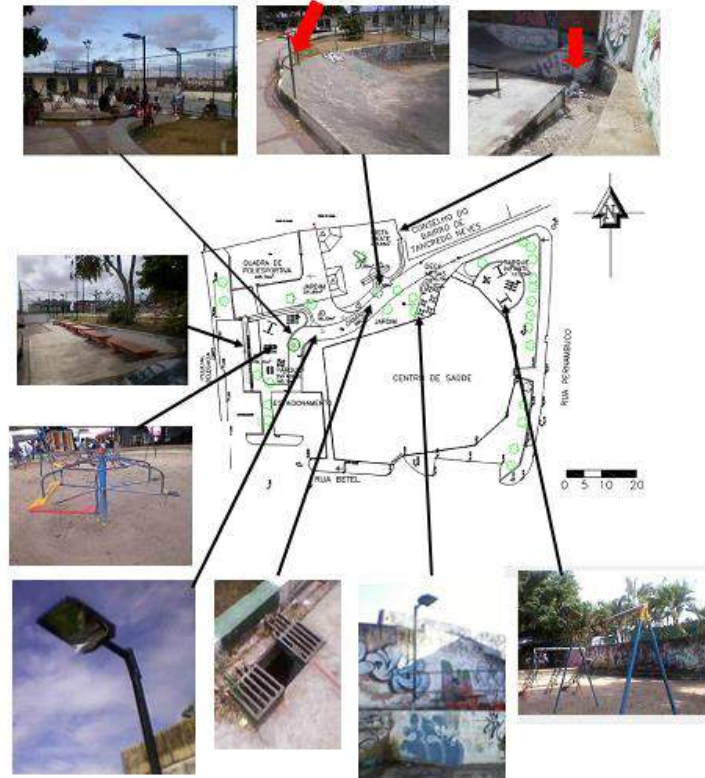


Figura 4. Mapa de Traços Físicos, manutenção e conservação da Praça. Source: Branco, 2014.

O entorno da praça é predominantemente comercial e residencial, e na Rua Pernambuco há um grande fluxo de pedestre e carros ao longo do período diurno (Fig. 5). A praça está situada no “coração do bairro” onde está o principal comércio de rua formal, como os mercados, lojas de roupa, lotérica, farmácias, padarias, dentre outros, além do comércio informal dos ambulantes, localizados ao longo dos passeios, com diversos tipos de produtos. Na Rua Betel (limite Lateral), o fluxo de pessoas e veículos é menor, por ser uma via predominantemente residencial, apenas com uma Igreja Evangélica e a 11ª Delegacia. O outro limite lateral da Praça compreende um grande muro, que compõe as fachadas posteriores das residências da Rua 24 de março (bairro do Arenoso). Uma alternativa encontrada pelos comerciantes de rua foi a instalação de toldos móveis para proteção da incidência solar direta, como a utilização dos espaços sombreados do canteiro da praça e do centro de saúde.

O resultado das entrevistas e observações diretas foram: a maioria dos usuários da Praça são moradores do bairro, com idade de 20 à 59 anos de idade, do gênero feminino. Os adultos raramente utilizam o espaço, associando a praça, apenas ao espaço do canteiro frontal da praça e do Centro de Saúde, onde estão localizadas as barracas de bebidas, frutas e comércio ambulante. Os idosos estão na praça entre 8h à 10h (2-3 pessoas), devido a proximidade com a Igreja Evangélica (Rua Betel) que frequentam e utilizam a praça como espaço de passagem. Pela manhã, os estudantes das escolas públicas do entorno utilizam a quadra poliesportiva (futebol) e a área dos bancos curvos para conversar, entre 10h-13h. Pela tarde, utilizam a pista de skate e a quadra de esportes (futebol ou basket). O deck de mesas

não é utilizado pela manhã, pois não há cobertura no espaço para proteção da incidência solar; e eventualmente após as 15h alguns moradores jogam e bebem no espaço. As crianças estão sempre acompanhadas dos pais.



Comércio informal



Comércio informal



Adptação de uso

Figura 5. Imagens da praça, adptações de uso e conflitos. Source: Autores, 2014.

No total foram aplicadas 27 entrevistas. O número reduzido de entrevistas deve-se a recusa dos usuários em participar da pesquisa. Os principais motivos relatados pelos comerciantes locais (informais) foram: desinteresse no tema e descrença de que a pesquisa possa trazer benefícios ou melhoria para a sua condição de vida. Percebeu-se que, essas pessoas não possuem renda formal e qualificação profissional, e dependem exclusivamente dessa renda. Os adultos utilizam a praça como espaço de passagem para acesso do Centro de saúde, da Associação de Moradores ou a Delegacia. Um grupo de idosos além de utilizar os serviços do Centro de Saúde e da Associação de Moradores, também trabalham com transporte de mercadorias (frete) e localizam-se no acesso principal da praça, próximo ao comércio informal; outro grupo é evangélico e utiliza o espaço como ponto de encontro e posteriormente seguem para evangelizar os transeuntes e/ ou moradores do bairro. As crianças ou são filhos dos comerciantes locais ou estão acompanhadas do responsável, que buscaram atendimento no Centro de Saúde, na Delegacia ou na Associação de Moradores. Entrevistas informais ao longo da Rua Pernambuco identificaram que a PNR é desconhecida para alguns moradores do bairro ou confundida com o trecho do canteiro frontal, onde está localizado o comércio informal. Dessa forma, das 27 entrevistas: 78% possui idade entre 18 a 59 anos, sendo 67% do gênero feminino e 33% masculino. Do total de entrevistados 21 moram no bairro e 6 em outras áreas da cidade (Engomadeira, Sussuarana, Arenoso e Subúrbio Ferroviário); em relação a atividade ocupacional: 9 são estudantes, 12 trabalhadores, 2 aposentados e 4 não informaram. Dos 27 entrevistados, 26 responderam que no seu dia de folga saem, sendo que dentre as respostas: praça e casa de parentes (9), praça, praia ou shopping (7); praça, praia ou casa de parentes (3); praia e casa de parentes (2); shopping, cinema e clube (2); praça e jogo de futebol (1); shopping e outros (1); e apenas 1 para praia, casa de parentes ou shopping. No total, os lugares que mais se repetem nas respostas foram 74% praça, 59% praia, 56% casa de parentes e 52% shopping.

Quanto o motivação de ir a praça, têm-se que: 15 entrevistados declararam que vão para conversar e descansar, 3 apenas para conversar, 1 para jogar futebol e conversar, 1 caminhar, 1 para caminhar e levar as crianças para brincar; e 6 entrevistados não responderam a questão. Através da observação direta, percebeu-se que as crianças estão sempre acompanhadas dos pais, que vão ao Posto de Saúde ou na Associação de Moradores e depois levam as crianças à praça.

Nas perguntas referentes a quantidade de brinquedos e espaços para as práticas esportivas, vegetação, mobiliário e segurança, apenas 7 pessoas responderam a entrevista. Em relação ao que gostam, não gosta ou o que pode melhorar no espaço, os 27 entrevistados

destacaram a importância das árvores para o sombreamento do espaço, como a necessidade de reforma dos parques infantis e da quadra de esportes. Destaca-se a ausência de limpeza do espaço, como o mau cheiro proveniente da urina, pela ausência de banheiros. As lideranças do bairro destacaram a necessidade de instalação de sanitários químicos, melhoria na iluminação pública, limpeza, reforma dos equipamentos, plantio de vegetação e organização do comércio informal na área do canteiro do posto de saúde, visto que a população do entorno é predominantemente de baixa renda e depende do comércio de rua. Quanto à segurança do espaço, todos os entrevistados relataram não se sentirem inseguros devido à proximidade da 11ª Delegacia do bairro.

Quanto a percepção de conforto térmico na PNR e entorno, foram aplicados 292 questionários, sendo o perfil dos entrevistados do gênero feminino, com idade de 20 a 59 anos, peso médio de 70Kg, altura de 1,65m, atividade metabólica e vestimenta leve. Os resultados foram de 92,5% (270) com desconforto por calor e apenas 6,8% (20) confortável, ou seja, a praça e o seu entorno não possuem condições térmicas confortáveis, influenciando na apropriação dos seus espaços. As variáveis ambientais registradas durante a pesquisa foram de Tar média= 28,6°C, Uar= 80%, Vv=1,30m/s, orientação predominante Noroeste, com momentos de calmaria. Comparando os registros da pesquisa de campo com os dados do IV distrito meteorológico do INMET/ Ondina (1961-1991), localizado no bairro de Ondina na Faixa Litoral Atlântica da cidade, na altitude de 48m, as médias de Tar= 25,3 °C, Uar= 81%, Vv=2,3m/s, orientação predominante Sudeste indicaram condições higrótérmicas mais desfavoráveis na PNR.

Para as condicionantes ambientais de insolação, ventilação, vegetação e sombreamento, a praça possui orientação Leste-Oeste favorável a ventilação natural, porém obstruída pelas edificações do entorno. Quando a incidência solar a cobertura vegetal da praça é insuficiente para promover o sombreamento do parques, deck de mesas, pista de skate e área dos bancos curvos, contribuindo para a sensação de desconforto térmico por calor relatada pelos usuários. Quanto a ventilação natural, o tecido urbano densamente construído e não planejado comprometeu a ventilação principal sudeste, sendo o vento registrado com orientação noroeste.

4. CONCLUSÃO

A pesquisa na Praça Nova República constatou que apesar de ser a única praça pública do bairro, não é reconhecida como espaço de convivência, lazer e recreação pelos entrevistados e/ou moradores do bairro. Apesar do grande fluxo de pessoas na Rua Pernambuco, no Centro de Saúde e na Associação de Moradores, observou-se que não houve apropriação representativa do espaço, durante o período em que a pesquisa foi realizada. Outro agravante, é a ausência de elementos naturais favoráveis ao conforto térmico no espaço, como arborização de médio e grande porte, sombreamento e piso grama, que são elementos naturais necessários para mitigar as elevadas temperaturas do ar registradas, de Tar média de 28,6°C, Tar máxima de 32,1° C e Tar mínima de 23,1° C; apesar de manutenção da umidade média elevada de 80% em relação aos dados do INMET o tecido urbano densamente ocupado compromete a ventilação natural da praça, sendo registrado pela estação meteorológica momentos de calmaria, com a sensação de desconforto por calor, pela convecção do ar insuficiente para o equilíbrio térmico dos usuários. Quanto a estrutura

física da praça, os equipamentos estão danificados e a iluminação pública é deficiente, restringindo a sua utilização no período noturno. A maior frequência de utilização da praça é no início da manhã, entre 9h- 10h e após às 15h, quando ocorre a menor incidência solar e as temperaturas do ar são mais amenas. Dos 292 questionário sobre percepção térmica aplicados têm-se que: 92,5% (270) relataram desconforto por calor e apenas 6,8% (20) confortável, ressaltando que os entrevistados estavam com vestimenta leve em repouso.

As variáveis ambientais encontradas conjuntamente com as observações diretas, entrevistas e questionários indicaram que o projeto da praça não é confortável termicamente e não atende as funções a que se propõe. Recomenda-se portanto, a arborização do espaço e ruas do entorno, substituição dos equipamentos danificados, criação de protetores solares na área do deck de mesas, e criação de espaço para os idosos. Além da organização e padronização das barracas de comércio informal na área do canteiro frontal, já que a população depende da renda da venda desses produtos.

5. REFERÊNCIAS

Branco, Neila Lima. 2014. Avaliação Pós-Ocupação e o Conforto Térmico nos espaços livres no Miolo da cidade de Salvador-BA. Dissertação de Mestrado do Programa de pós-graduação em Engenharia Ambiental Urbana. Escola Politécnica UFBA, Salvador.

Correia, Rosângela A. L. C. 2010. Awon Omodé: as linguagens africano-brasileiras no currículo da educação infantil. Revista África e Africanidades. Ano 3. n.9. [ISSN 1983-2354].

Cunha, Rita Dione Araújo. 2002. Os usos, funções e tratamentos das áreas de lazer da área central de Florianópolis. 353p. Tese Doutorado em Engenharia de Produção - Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Fernandes, Rosali Braga. 2003. Las políticas de La vivienda em La ciudad de Salvador e los procesos de urbanización popular em El caso del Cabula. Feira de Santana: Universidade Estadual de Feira de Santana.

Fernandes, Rosali Braga. 2004. Processos recentes de urbanização em Salvador: O Miolo, região popular e estratégia das cidades. Biblio 3W, Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales, Universidad de Barcelona, Vol. IX, n° 523 [ISSN 1138-9796].

Gouveia, Anneza Tourinho de A. 2010. . Dissertação de Mestrado em Geografia. Instituto de Geociências/ Universidade Federal da Bahia, Salvador.

International Organization for Standardization. 1998. Ergonomics of the Thermal Environment – Instruments for Measuring Physical Quantities. 2ª edition. Norma ISO/DIS 7726. Genebra.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Censo Demográfico. 2000-2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 20/09/2014.

Instituto Nacional de Meteorologia- INMET. 2016. Disponível em:<<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em 20/09/2014.

MATZARAKIS, A., MAYER, H. 2000. Atmospheric conditions and human thermal comfort in urban areas. In: 11th Seminar on Environmental Protection "Environment and Health" Thessaloniki, Greece, 155-166.

Orstein, Sheila Walbe; Romeró, Marcelo de Andrade (colab.). 1992. Avaliação Pós Ocupação do Ambiente Construído. São Paulo, EDUSP/Studio Nobel.

Salvador. 2009. Cadernos da Cidade. Ocupação do Solo. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano, Habitação e Meio Ambiente- SEDHAM. Coordenadoria Central de Produção de Indicadores Urbano-Ambientais- COPI, Salvador, Bahia. Ano I, n 1.

Salvador. Lei n. 6.586/2004. Lei n.7400/2008. Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano.



Urban water environment intervention: Analyses of the urban-environmental interaction

Francisco José Cardoso

*Federal University of Alfnas, Institute of Science and Technology, Poços de Caldas (MG), Brazil
PosUrb, Pontifical Catholic University of Campinas, Campinas (SP), Brasil
francisco.cardoso@unifal-edu.mg.br*

Laura Machado de Melo Bueno

*Pontifical Catholic University of Campinas, Campinas (SP), Brasil
laurab@puc-campinas.edu.br*

ABSTRACT: Water environments are spaces with important physical-environmental characteristics, interacting with several natural processes that occur in our planet. But, with urbanization, its degradation has been quite common, resulting in a physical, social and cultural estrangement of the population in relation to urban watercourses. Architecture and urbanism have developed several theories along time, methodologies and proposals of actions to solve spatial problems due to the process of urbanization, including water environment intervention projects. The objective of this project is to research contemporary experiments in water environment intervention in the area of landscape architecture and urban design, verify the typologies and theoretical trends of these productions and analyze the solutions in relation to environmental, urban and human dimension. The focus of the analyses is to the formal-spatial question, adopting a systemic and dialogic method, developed in a procedural and diagrammatic form in three steps, being: researching urban water environment intervention, selection of paradigmatic experiments and detailed analyses of the selected experiments. 101 projects were researched in water environment intervention which show a dissemination of new paradigms, selecting the projects developed for the cities of Velenje (Slovenia), Denver (USA) and Belo Horizonte (Brazil). These projects show that it is possible to change the reality of degradation and inadequate treatment of water environments, adopting solutions which consider their contexts and the systemic relations between the environmental, urban and human dimension.

Keywords *Landscape Architecture, Urban Design, Urban watershed, River rehabilitation*

1. INTRODUCTION

Watercourses are elements directly related to the natural cycles. Nonetheless, despite their environmental and landscaping importance, an inadequate treatment in relation to the watercourses is common, adopting the rectification, canalization and road construction along their banks as a solution to the problems of sanitation.

The technical-scientific areas have a vast theoretical and practical production directly or indirectly related to the environmental question of the water environments. The theoretic, methodic and technologic base offer conditions to rethink the technical-scientific model. Even with the difficulty to overcome the dominant culture, there are experiments of water environment intervention projects that establish a more harmonic relation to urban questions as to environmental, respecting the environment dynamics and incorporating the water environment to the morphology and urban landscape.

The objectives of this work are research contemporary experiences of intervention in water environments from the area of urban landscape architecture, urban design and urban planning, check the typologies and theoretic trends of these productions and analyze the solutions in relation to the environmental, urban and human dimensions. There were included in the analysis intervention projects on seafront, giving priority to discussion of interventions in the river system of freshwater.

This research is part of an ongoing doctorate, to be finished by the end of 2016, that has as objective to elaborate guidelines of projects that contribute to improve the urban and environmental quality of urban water environments, taking into consideration the transformations of contemporary cities and tendencies of urbanism with a focus on ecologic-environment.

The main questions related to urban water environments, methodology used to analyze intervention projects in river environments, the results and the conclusions shall be presented next.

2. FLUVIAL ENVIRONMENTS: URBANIZATION AND URBAN INTERVENTIONS

Fluvial environments, due to their ecological-functional interactions, are an important part of the complex natural system of the planet. Nonetheless, there is recurrent degradation of watercourses and their Banks with the process of urbanization.

According to Tucci (2006), the process of urbanization can alter the hydrological conditions and the quality of the water. The waterproofing of the soil and the drainage system increase the superficial flow, and, consequently, maximum outflows and the occurrence of floods. Along with this, the unprotected soil, the disseminated pollution and the precariousness of the sanitation system lead to the pollution of water bodies.

The answer to these problems, in general, present sanitary solutions, focusing water drainage and waterways. Watercourses are rectified, channelized and buffered, receiving motor vehicle roads on their banks.

Binder (1988) highlights that the consequences of this form of action is the impoverishment of the ecosystems and the loss of biodiversity. Mello (2014) complements

by saying that the introduction of roads and the pollution of the water also leads to the devaluation of the watercourses for leisure and bathing, diminishing its functions.

Kaushal & Belt (2012) point out that there is a critic to this model of sanitarian city, which was dominant before the 21 century, being substituted by a concept that considers the biogeochemical cycles and the peculiarities of the urban ecosystem, producing interventions with multiple functions and an urban design of quality.

The challenge, therefore, is to develop concepts where the city is not only seen as a counterpoint to natural space, by establishing a harmonic relationship with the natural. Odum (2001) claims that a man must comprehend that he does not create new systems, but modifies the natural ecosystems, being impracticable the complete dominion of nature due to the ecological dependence of the human being.

According to Spirn (2001) urban space has its own rationality. Steinberger (2012) stresses that the environment built settles and transforms the natural environment, leaving the urban environment to reflect a specific look that considers the physical dimensions (natural and built), urban life (ambience, living together and conflicts) and the urban quality (life conditions).

Mello (2014) points out that rivers are spaces with multiple functions, which can be used to qualify the urban landscape of the cities, taking advantage of degraded areas to value local identity. The change goes through the valorisation of bordering spaces, the promotion of social living, the introduction of sustainable activities, ludic and recreative, which considers the geography, the landscape, the quality of life and the symbolic dimension.

There are experiments of contemporary urbanism with ecological-environmental concerns which seek the rescue of the living life with the clean water, the social living and the dissemination of a new environmental awareness. There are several interventions, with different objectives, scales and forms of actions, such as: Water Sensitive Urban Design, greenways, brownfields, renaturalization, waterfront, daylight, among others.

Spirn (2014) presents a classification of this theoretical and practical production, which even being considered by the author as limited, contributes by demonstrating the trends of contemporary production related to the urban design and urban landscape.

These trends cited by Spirn (2014) were grouped in this study in four great lines of action, established according to their concepts and their production in relation to the interventions in water environments, being: Environmental Art; Landscape Planning, Landscape Ecology e Green infrastructure; Green Architecture, Green Urbanism e Industrial Ecology e finally Ecological Design, Sustainable Design and Planning e Landscape Urbanism

The several lines of action bring important contributions and advances to rethink the interventions in urban rivers and produce actions which qualify the water environment. The ecological Urbanism professionals have an important theoretical and practical production that sets a concern to respect the environmental dynamics and hydric and value the rivers with activities that promote social living and the rapprochement to water.

3. METHODOLOGY: ANALYZE URBAN INTERVENTION IN FLUVIAL ENVIRONMENT

In the area of architecture and urbanism there are a variety of intervention projects in water environments, applied in the most diverse contexts. This diversity makes it difficult to critically analyse the environmental quality and the urban proposals, specially their comparative assessment.

Architecture is a multi-dimensional knowledge field, relating diverse fields of knowledge, which obliges the comprehension and synthesis of technical questions, related to the functional and constructive aspects, as well as to intangible questions, which impose great subjectivity that makes the process of analyses difficult.

In this sense, which are the concepts and criteria to be established to analyse the theoretical and practical contributions of intervention projects in water environments? The projects incorporate the water environments as elements of the urban morphology in an integrated form with the natural cycles and flows, valorizing the water as imagnetic? Which are the elements that bring morphologic and landscape quality to the intervention?

The focus of the analyses will be on the formal-spatial question, approaching its related aspects to the water questions, waterways, aesthetic, ecological and of sanitation. The water will be analysed as element of morphology and of the urban landscape, assessing the formal-spatial of the proposal from the comprehension of the relational dynamics of the water to the city. The commitment of the intervention with the urban and environmental aspects specific to the place and the artistic sense of the work will be evaluated.

The following methods with the objective to verify their application according to the analyses proposed in this work were studied: System Analyses of urban drainage-Multicriteria, Ecologically Sustainable Water Management – MESA; SVAP – Stream Visual Assessment Protocol/RCE-Riparian, Channel, and Environmental Inventory for Streams in the Agricultural Landscape; Transecto urban-rural; Water Sensitive Urban Design –WSUD and Sociological Architecture. These works present important contributions in relation to the parameter of analyses. But, in general, present objectives and applications which do not apply to this research, making the development of a specific methodology necessary.

The answer to the questions described above, goes through the development of a methodology that comprehends the complex relationships that establish themselves among the diverse systems, contemplating multiple scales (regional, urban and local) and dimensions (environmental, urban, human).

According to Lacombe (2007), the thought and the doing of architecture, in an analog way to systemic thought, comes through deductive form, in a complex procedural system that generates innumerable possibilities of structural and functional arrangements. within this reasoning, hypotheses are launched, experimented, back to the results and the process itself, generating discoveries which will be revealed during the reflexive process.

In this sense, the method of analyses should be systemic and dialogical, developed in a procedural way, diagrammatical and open enough to verify the most diverse possibilities and answers, discovering out of the ordinary questions.

The analyses of the projects were developed in 3 steps, being: a poll of projects of intervention in urban water environment, selection of paradigmatic experiments and detailed analyses of selected experiments.

As a first step a poll of intervention projects was thoroughly done. The research was done on search sites and electronic reviews, initially looking for projects developed by professionals cited in the study of Spirn (2014) and in sequence extended to collaborators to these professionals and in a search using terms such as: riverfront, daylight, brownfield, greenway river rehabilitation, urban stream and urban watershed. The researched projects were found on Google Earth Pro and exported in files KML to the Quantum program Gis version 2.6.1, where it was possible to make a world map with the distribution of the projects.

From these 3 projects were selected for a more detailed analyses, from the following criteria: implemented project or in implementation, localized in consolidated urban areas, which valorises water as aesthetic element, integrates the water environment to the morphology and urban landscape and presents conditions that favours environmental dynamics and biodiversity.

The third and last step analysed the projects in detail, where first of all the contextualized object was analysed from the research of the conditions of the place. Based on this information a hypothesis was made as to the assumptions and concepts of the idea of the proposal, which offer a strong picture to the elaboration of all the project elements and of the scale relationship and dimensional.

The next step was of the experimentation, adopting the diagrammatical thought to analyze the relations between the water and the urban environment, the watercourses banks and the city, of the stretches along the hydrographic basin, with the water environment with its edified surroundings and the relationship between the project elements in themselves. Diagrams, draft charts, layer separation to identify unique categories and their scale relationships (sectorial, urban, territorial) and dimensional (environmental, urban, human). In this phase there are experiments, re-examinations through new readings, going back to the previous results and re-elaboration of the process itself, this enables finding new discoveries in the assessment, as well as in the methodology.

4. RESULTS

The production of contemporary urbanism with ecologic-environmental concern has different lines of action. Spirn (2014) classifies the main trends, citing their respective professionals, who since the end of the XX century have contributed with its production for the theoretic and practical development for the development of this subject.

The Environmental Art trend is characterized by artistic interventions that makes legible local structures and processes, instigating the perception of reality and behavioral changes. The professionals of Landscape Planning and Landscape Ecology possess a vast production focusing landscape planning in regional scale. The Green Infrastructure trend shares the same theoretical referential, being different because it presents besides the proposal in the macro scale, urban interventions and solutions of sustainable infrastructure. Willian Wenk stands out in this trend, with several projects that take

advantage of the water aesthetic potential to create vibrant public spaces. The Green Architecture, Green Urbanism and Industrial Ecology act in different scales, nonetheless have in common the use of technology to promote the reconciliation of man with nature. Finally, Ecological Design, Sustainable Design and Planning and Landscape Urbanism are trends which present a relevant production of projects from the areas of Architecture, Urbanism and Landscape Architecture.

Besides the research of production of professionals cited by Spirn (2014), an extensive research on the internet was done, gathering projects that valorize water as an aesthetic element, incorporating the water environment to the morphology and urban landscape. A total of 136 projects of urban water environment intervention were polled (see fig.1). The North American production of 81 projects stands out, having 17 projects in the Denver region. Europe counts with 23 projects, Asia 14, South America 12, Central America 4, Africa and Oceania 1 project. China's case is peculiar, investing in buildings of great size, producing extreme forms of human scale grandiosity.



Figure 1. Intervention Projects in Water Environments. Source: Cardoso, 2016

The typologies of projects with a greater recurrence are greenway, water front, daylight, brownfield, urban park and linear park. In relation to the trends there is a greater number of cases related to Green Infrastructure, Sustainable Design and Planning, Ecological Design, Landscape Urbanism and Green Architecture.

Of the polled projects, the selected ones for detailed analyses, according to the criteria described in the methodology, were the projects developed by Velenje, Denver and Belo Horizonte, evaluating their quality in relation to environmental, urban and human dimension.

4.1 City Center Pedestrian Zone em Velenje, Eslovênia

The city of Velenje received a modern expansion project in the 1950's, to tend to the demand from the growth of the coal extraction. The city is made up of open blocks for the circulation of pedestrians and with a great percentage of permeable areas, possessing a reticular stroke in the central area and organic in the residential sector.

In 2012, Velenje bids a Project to revitalize the central area, with the goal to bring cultural activities and recover its feature of park city. The winning project was from the Slovene office Enota, which proposed a promenade.

This Project does not have an ecological bias. The dialect between the natural and urban environment comes through an aesthetic conception, where water and the vegetation come as elements which compose the urban scene, valorizing and being valorized by the built elements (ways, bridge, amphitheater, urban furniture and illumination).

The Project establishes a sequence of happenings that develop along the promenade, having as highlight the ensemble bridge and amphitheater at the center (see fig. 2 e 3). The river becomes the main happening, a node of activity and contemplation at the center of the great square (see fig.4). The parking lot without a covering, located at the north limit, was transformed in a volume with commerce on the ground floor and a stage on the superior level, which establish limits and sense of interiority to the space.



Figure 2 and 3. (Left) Amphitheater and promenade. Source: Landezine, 2016

Figure 4. (Right) Diagram with main axis and functional sectors. Source: Cardoso, 2016

The conceptual image is strong, having as a conducting line the sinuosity and the complexity, which can be verified on the way, on the amphitheater and on the benches along the square of events. The design promotes the integration of the river with the Center of Velenje, instigating the flow of the senses and the fascination for the space.

4.2 DowntownCreekfront in Denver, Colorado, United States

Denver is a metropolis with a sub-urban standard of growth that privileges the means of individual transportation. In the 1980's a General Plan triggers a series of investments for the improvement of urban quality and the environment, including actions on the Platte River basin and later on the Cherry Creek.

Downtown Creekfront was projected by Wenk Associates, as part of a series of actions that seek to promote the biodiversity of the hydrographic basins. The intervention area is located at the mouth of Cherry Creek, which was altered through time to tend to human needs, be it due to mining activity in the origins of the city or by the rectification, canalization and road construction along its banks, which resulted in a stream at a level lower than then the city, confined between the road system.

At the main point of intervention, a belvedere is created which gives view to Cherry Creek and at the same time generates a feature that invites the passer-by to approach the river and access the greenway implemented along its banks (see fig.5). This way connects

several public spaces, stretching out over 45 km in direction to its headwater, where there are actions of preservation, conservation and environmental recovery. (see fig.7)

The project presents a simple solution, having as identity the linearity of the way and its landscape composition. The sinuosity of the river, its ascents and slopes, small rapids with stones, bridges for pedestrians and cyclists offer different scenery which contribute to sharpen visual perception of the environmental dynamics (see fig.6).



Figure 5 and 6. (Left) Greenway access point with belvedere and the rapids. Source Wenk, 2016
Figure 7. (Right) Downtwon Creekfront. Source: Cardoso, 2016

The dislocation of the watercourse with the surrounding urban space, imposed by the conception that privileges the urban drainage and road systems, it is a recurring condition in several cities. The project takes advantage of this limitation, conforming a protected way from the movement of the surrounding streets, in a cozy ambience that provides the possibility of visual and physical contact with the water.

4.3 Nossa Senhora da Piedade Park in Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil

Belo Horizonte is a city which was projected in the end of the XIX century to be the capital of the state of Minas Gerais. Its conception presents a geometrical rigor that did not take into account the natural drainage lines and the watercourses, being later channeled and closed to solve the problems of sanitation and drainage.

The north region, where the Nossa Senhora da Piedade Park is found, is an occupation out of the limits of the projected city, growing in a spontaneous and disorganized way. Nonetheless, it follows the logic of inadequate treatment of water environments, which is made worse by irregular occupations and by the lack of equipments and urban infrastructure.

As a solution to the drainage problems, the Program of Environmental Recuperation of Valley Ends and Streams in Natural waterbeds of Belo Horizonte was created. DRENURBS, foresees among its objective the revalorization and landscape incorporation of the watercourses, as an element of urban mesh.

The Nossa Senhora da Piedade stream was one of the selected areas, receiving where there were irregular occupations before an urban park designed by the office B&L Architecture. At the headspring a detention pond was built to diminish the flood peak, having a spillway made of water mirrors that can be gazed at from within and from outside the park (see fig.09 and 10).

The park is fenced for security reasons, having the crossing of the watercourse by earth substituted by a bridge that separates the internal from the external circulation, keeping the flow and the continuity at the park level and the visual contact at city level. (see fig.8)



Figure 8 and 9. (Left) Spillway, detention basin and way within the park. Source: Bueno, 2016

Figure 10. (Right) Diagram with main axis and functional sectors. Source: Cardoso, 2016

The intervention has a transforming effect from a dense urban context and without architectural reference. With a relatively low cost, the project reconciles solutions that value the landscape, offers amenities to the population and contribute to the urban drainage problem.

5. CONCLUSION

Contemporary urbanism has several trends that seek to establish a new technical-scientific model based on ecological-environmental questions. The research on urban water environment intervention projects show a dissemination of new paradigms. There is a diversity of examples of projects which take in to consideration the relationship between environmental and urban dynamics, integrating water into the morphology and in the urban landscape.

The analyses of the projects should consider the context and the systemic relations between the environmental, urban and human dimension. It is necessary to comprehend the limitations imposed by the physical-environmental and socio-economic conditions and how the project relates the built environment to flow and natural cycles.

The analysed projects presented different answers to this question. Velenje is a local intervention, with a sinuous design that leads attention to the ensemble of the bridge/amphitheater and instigates the perception of the river. Denver implements a greenway at a lower level of the city, separated from the hectic city life which offers the cyclists and pedestrians a contact with the water and the vegetation. In Belo Horizonte the degraded spring is revitalized, receiving a retention pond and landscape elements which lead to the qualification of the landscape of a neighborhood needy of architectonic and urbanistic references. (see table 1)

The experiences show that the difficulties and the inherited problems can be overcome, even in Brazil, where the conditions are worsened by social inequality, the precariousness

of the sewer and drainage systems, the lack of equipment of the state and of economic resources. The Belo Horizonte experience shows that it is possible to change the reality of degradation and of inadequate treatment of water environments in Brazil, which in this case was the outcome of a long process initiated in the 1990's with the creation of the Manuelzão Project. This Project was created by the UFMG Medical School with the objective to improve the environmental conditions and the lives of the inhabitants of Rio das Velhas, becoming nowadays a structuring project of the State of Minas Gerais.

Table 1. Analyzed projects, in relation to environmental, urban and human dimensions.

Project (date of Project)	Dimension		
	Environmental	Urban	Human
Velenje (2012)	Ponctual intervention with aesthetic, urbanistic concept, without ecological focus.	Multiple uses, integrating the river into the morphology and urban landscape	Strong image that instigates the perception of the river and social living
Denver (not informed)	Landscape recomposition and bed of headspring of Cherry Creek respecting natural dynamics	Formation of a Greenway along the river, separated by different levels of its surroundings	Sense of protection sharpening the contact with the dynamics of the water
Belo Horizonte (2001)	Environmental recovery and the introduction of a retention basin	Urban park with Access control, offering leisure and recreation	Landscape solution that qualifies and valorizes urban landscape

The technical and aesthetic solutions may be of the most varied forms, avoiding pre-conceived models. The elaboration of the projects should come from the comprehension of the environmental and urban dynamics, establishing principles and coherent criteria with this reality and present multiple objectives, which take into consideration the multiple scales.

REFERENCES

- BINDER, W. 1988. *Rios e córregos, preservar – conservar – renaturalizar*. A Recuperação de rios e limites da engenharia ambiental. Rio de Janeiro: SEMADS.
- KAUSAHL, S. S. & BELT, Kenneth T. 2012. The urban watershed continuum: evolving spatial and temporal dimensions. *Urban Ecosystems*, 15(2); 409-435.
- LACOMBE, O. 2007. O projeto como descoberta. *Vitruvius Arquitectos*. 085.04 (08).
- MELLO, S S. 2014. Espaços Urbanos em Beira d'Água: princípios de planejamento e intervenção. In: SCHULT, S & BOHN, N. (eds). *As múltiplas dimensões das áreas de preservação permanente*: 165-196. Blumenau: EDIFURB.
- ODUM, E P. 2001. *Fundamentos de Ecologia*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- SPIRN, A W. 2014. Ecological Urbanism: A Framework for the Design of Resilient Cities. In: NDUBISI, F. O. The Ecological Design and Planning Reader. Texas: *Island Press/Center for Resource Economics*. 557-571
- SPIRN, A W. 2001. The authority of nature: Conflict, Confusion, and Renewal in Design, Planning, and Ecology. In: JOHNSON, B. R.; HILL, C. Ecology and Design: Frameworks for Learning. Washington: *Island Press*: 29-50.
- STEINBERGER, M. A. 2001. (RE)construção de mitos: sobre a (in)sustentabilidade do (no) espaço urbano. *Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais*. A3(4): 9-32.
- TUCCI C. E. M. 2006. Água no Meio Urbano. In: REBOUÇAS, A. B. B. & TUNDISI, J. G. (eds). *Águas doces no Brasil*: 399-432. São Paulo: Escrituras.



Environmental Justice and Landscape: Urban Rivers in Question

Ivaldo Gonçalves de Lima

Universidade Federal Fluminense/ Programa de Pós-Graduação em Ordenamento Territorial e Ambiental/ Niterói (RJ)/ Brasil

ivaldogeo@ig.com.br

ABSTRACT: The overall objective that guides this paper is clarifying the strategic relevance of landscape integration for environmental management that takes into consideration the territorial justice as its ethical-political horizon. In this sense, we address the tension between limits and potentialities of renaturalisation of rivers in the urban context. To do so, we specify the environmental justice as the clipping theoretical and methodological framework guide of our approach. It is proposed the urgency of impact studies and landscape integration in its condition as a strategic resource for the management of the landscape. From this standpoint, the river basin shall constitute visual basins, as set of points each other visible, having in perspective the premise that the observer is part of the system of observation. Through the landscape integration strategy, tactically specified as (re)naturalization of rivers, we can identify focal points of observation - called doors - which work as landscaped connectors essential to public ownership of the river/visual basin. The empirical case analyzed is the Jacaré river basin, connected to the lagoon system of Piratininga, located in the city of Niterói, state of Rio de Janeiro. It is a basin extremely varied from the point of view of both the impact on the landscape, historically accumulated, how much of the impasses in the territorial justice/environmental. We are dealing with a critical urban neighborhood, using the criterion of impacts and the environment it presents. Thus, restore values of the culture of the landscape leading to complement the overall goal pointed out, from the analysis of the testimonies of local residents, based on river etnogeomorphology.

Keywords *Landscape management, environmental justice, renaturalisation of urban rivers, river etnogeomorphology*

PRESENTATION

"The landscape matrix has a decisive weight in the ecological functioning of the territory and the quality of the same. By definition, the matrix usually represents the largest part of the territory"

RODÁ, Ferran (2003:51)

In this paper, the overall objective is to discuss the environmental justice from the perspective of the urban landscape management. For this, we appeal to the landscape integration strategy as a theoretical and methodological mediator that allows us to evaluate the relevance of the tactic of renaturalisation of urban rivers. We consider this strategy as a resource key for systemic treatment of both the environmental justice and landscape management. In other words, we want to be kept in perspective of the operational strategy of renaturalisation of rivers, by re-enrolling for the marks of a complex thought which seeks to distinguish relevant aspects of reality without isolating each other. Thus, we refer us for a thought that light the following links of these aspects, making therefore the notion of system as main fulcrum.

The structure of this paper follows the sequence that triggered by this presentation, includes a first section which clarifies the relevant theoretical and conceptual dialogue between environmental justice and territorial justice. In the second section, we discuss the landscape management linking it to specification of social right that this type of management must promote and effect. In the third section, we discuss the renaturalisation of rivers as legitimate intervention in urban space, as well as the landscape integration strategy. Finally, the fourth section presents an analysis of vernacular geographies that follows the use of etnogeomorphological perception of residents and entered in an emancipative political matrix.

1. THEORETICAL LANDMARKS ON TERRITORIAL JUSTICE

In the subsequent paragraphs we will resume in expanded form our notes (Lima & Castro, 2013) that are still quite valid. The idea is to register all debate on environmental justice refers, without doubt, the most comprehensive notion of justice. It is because we consider the environmental dimension as one of the territory dimensions, to avoid a metonymical trap of taking the part by the whole, and the structuralist trap to distinguish elements or attributes by mere isolation from each other.

Among geographers, according to Jacques Lévy, the "association between justice and space is a recent idea. It assumes, on the other hand, that the space offers content to define what's fair, and on the other hand, the space action capabilities allow a fair negotiation approach "(2003:531). In fact, such weighting enters the domain of more comprehensive relationship that binds geography and ethics. Thus, expressions such as spatial justice, environmental justice and territorial justice clarify the role of values such as solidarity, respect and responsibility, for example, in the process of social production of space. For Lee (2000:342), territorial justice corresponds to the "application of the principles of social justice to territorial units. As such can be the application of the principle of territorial policies.

The uneven nature of the recovery and protection of the environment set off a series of articulated fights involving especially the discussion of social rights, which, in turn, formed the movement for environmental justice. In the 1980's, that kind of movement showed in the United States, engaging, according to Acserald (2004:25), the notion of geographical equity "on the space configuration and communities in a locational proximity to sources of

environmental contamination, hazardous installations, uses of locally undesirable soil like toxic waste dumps, incinerators, sewage treatment, refineries etc." The horizon of this fairness is, of course, the individual and collective desire of an environmentally sustainable and healthy social life. In this horizon, unfolds, for involvement, the broader notion of justice.

The concept of environmental justice was born of inventive social movements of the United States, within the civil rights struggles of African-descendent populations, from the 1960, in face of the socially discriminated groups exposure to environmental hazards, as well as in the years 1970 to combat "environmental racism" (Gleeson & Low, 2003; Acserald et al., 2004). A process of epistemic, gains and losses for environmental justice, since the 1980, understand "the set of principles that ensure that no group of people, whether racial or ethnic groups, support a disproportionate portion of degradation of collective space" (Acserald et al., 2004:9-10).

Johnston et al. (2000:2) define environmental justice as "socio-political movement that seeks to articulate environmental issues from a perspective of social justice". We reiterate that the environmental justice, circumscribed within expanded territorial justice concept, requires theoretical and applied opportunity to fight for the right to fair landscape. This seems to be the case of Jacaré river, in the drainage basin of the same name.

2. FROM LANDSCAPE MANAGEMENT TO THE RIGHT TO LANDSCAPE: THE RECURSIVE RING

As we stated in a recent debate (Lima et al. 2016), the symbolic-expressive product of this relationship, inherited from generations of preterit use and we leave as a legacy to future generations, we call landscape, respecting that, with it, we build our identities and our individual and collective affiliations.

The landscape protection involves all the socio-political and cultural actions they are for the care, preservation and recovery of the significant social and environmental conditions of existence, considering its symbolic asset value, natural and social. Soon, promote and provide the landscape with strategic focal points of public access also means protecting it. For Acserald et al. (2009: 73) "[an] environmental inequality can manifest itself both in the form of unequal environmental protection as unequal access to environmental resources."

The landscape management is the coordinated set of ethical norms, public regulation and collective socio-political practices to promote changes in social, economic and environmental processes for landscape protection. Also, it can be defined as the process of formulation, coordination and implementation of a set of strategies directed to the appreciation of a particular landscape and improving quality of life, in the context of sustainable development (Busquets & Cortina, 2009). It's necessary to fight, therefore, social inequalities and environmental injustices. The recursive ring between landscape management and social right to landscape derives precisely from this fight, as a part of to get to the other and vice versa.

In turn, the landscape construction corresponds to a constituent movement involving *a fortiori* tangible and intangible elements. To Costa & Monteiro (2002:291), the values and meanings of an urban river for residents, is the direct interest of studies of "inter-relationships established between the system of culture and the system of nature, addressing a look at the urban water and its landscape interaction in cities", follow from this methodological procedure of scientific research on local social experiences to identify preferences, values and meanings attributed to the landscape. This systemic cast of preferences, values and meanings functions as mainstay than designated as river etnogeomorphology.

For Ribeiro (2012: 95), the etnogeomorphology is "a way of understanding guided by the etnocientific matrix, which argues that the constituted knowledge, academic and official by recognized institutions in scientific and technological development cannot be considered as the only way of understanding reality". This is where knowing vernacular of ordinary people who experience a given space comes into play as co-protagonist. For this reason, the perception of Jacaré neighborhood residents becomes imperative in this research.

Depending Busquets & Cortina (2009: 693), the right to social landscape can be properly defined as:

Subjective right to enjoy the scenery right that public authorities should ensure citizens within a democratic and participatory framework for action in the framework of a legal concept that recognizes the landscape as a key factor in quality of life and well-being of all individuals and social groups, as an essential ingredient of their identity and their cultural, socio-economic and spiritual development.

This right is linked to the ethical attitude towards landscape. For Gómez Alzate & Londoño López (2011: 47), with which we agree entirely:

In addition to a simple aesthetic appreciation of a landscape, their sensory experience and their objective knowledge or simply utility, there is a sustained ethical reason in human interest, because the landscape doesn't exist without a human perspective; for that reason to have a sustainable vision of landscape, it is necessary to abide an ethical attitude to it and not just consider the human being as a mere spectator or passive beholder.

3. LANDSCAPE INTEGRATION AND URBAN RIVER RENATURALISATION

3.1 The integration as landscape management strategy

We depart from the reality principle that renaturalisation implies mobilizing and promoting actions that allow overcome the degradation stages of a water body situation, intervened to describe the complex dynamics of environmental conditions on plots of conflicting social and cultural practices from the perspective of integration landscape or landscaping. The landscape integration is a strategic concept that takes the (re) naturalization as search criteria by a natural image of space, increasing the presence of natural components, but not its uniqueness in the analysis and practical proposition of a territorial intervention.

Visibility is an important practical-sensitive expression toward a social systemic and environmental behavior. Therefore, in the wake of this research on renaturalisation of urban rivers, we equal river basins and visual basins. In other words, we analyze the Jacaré river basin as a visual basin. Visual basins are defined as surfaces which is visible from a point or set of visible points and vice versa. In these visual basins there are identified landscape perception areas, relating the immediate, deep and distant perspectives.

Based on the definitions proposed by Folch (2003), it remains to clarify what is the role of tactical visual connectance for landscape integration strategy. Connectance means the degree of continuity of the physical background of a landscape mosaic matrix, such that when the total connectance, the matrix appears as a single spot. Thus, more specifically, the ecological connectors and landscaped connectors play a key role in this degree connectance. For ecological connector, define the habitat or set of diverse geometry habitats and quite wide in all sections of its development which guarantees the territorial

continuity between two large ecosystem complexes. In turn, the landscape connector is defined as:

Transition framework between two scenic structures to ensure its territorial continuity. Unlike the ecological connector, it has a more perceptive functional character, although it may contain associated complex territorial functions to reduce the gap between the connected structures (Folch, 2003: 277).

The landscape cohesion visual basin depends, then, measures aimed at connectance. In this endeavor, the landscaped connectors require better definition now more operational nature, bringing out the door notion - defined as a strategic point of accessibility to the landscape, or as focal points of observation/public contemplation of the landscape. We oppose private ownership matrix by another public appropriation, restoring the intangible value of landscape.

3.2 Renaturalisation of urban rivers and landscape management tactics

The renaturalisation of urban rivers is a challenge and a multidisciplinary task that refers to the landscape. According to Zahed Filho et al. (2009), the growing awareness of the damage to nature, allows them to be considered new strategies aimed at renaturalisation of rivers and streams, that is, the return of the initial / natural conditions of water courses. Register adding that, according to Garcia & Borobio (2013: 121), "to advance the knowledge of intangible values of landscape it is, in fact, a trip to the interior of man, of his desires and emotions, his reference and difference, his identity."

In general, remember Busquets (2009: 458) "the notion of landscape integration is associated with harmony of ideas, order, respect and consistency. (...) The (re) naturalisation becomes the most obvious tactic conception of landscape integration, corresponding to the criteria "that want to recover the natural image of places" (Busquets, idem, *ibidem*).

4. JACARÉ RIVER BASIN CASE: AN ANALYSIS

4.1 Jacaré River Basin: a description

Located in the Oceanic Region of Niterói, state of Rio de Janeiro, the Jacaré river has its sources located within the Darcy Ribeiro Reserve area and its boundaries defined by Morros do Cantagalo, Serra do Malheiro and Serra Grande, particular geographical situation which provides a relative conservation of their sources in a still dense vegetation. The aforesaid basin is the largest contributor to the lagoon system Piratininga-Itaipu, distributing over a narrow valley about 6 km (upper section - 1542 m; intermediate section - 3588 m; lower section - 800 m), with a declination gradient of 5.9° in the upper stretch and 0.4° in the middle and lower stretches. The principal fluvial course of the basin is the Jacaré river, by this hierarchy, names the hydrographical set.

Still based on this description, we believe it is possible to divide the basin into sectors according to the related environmental conditions and the characteristics of the built space. Thus, the basin is divided into four distinct areas (Fig. 1). The most densely occupied sector is the area of the mouth, where slum and middle-class homes remain. Situated in this sector, a number of middle-class homes rather invisible the Jacaré river, suddenly taken, a mere underground channel in order to increase the buildable area. Here, the public landscape clashes: the visible and invisible river express the landscape privatization.

In the sector immediately upstream, we find out more sophisticated buildings, residential and commercial use, are presented to us as luxury condominiums, like the Jardim Ubá and

the shops belonging to commercial complexes. In the sector that is located in the intermediation of the two mentioned and the area of the nascent, is the greatest diversity of social uses, connoting private property distributed among social groups belonging from upper middle class to the most precarious.

Rounding sectors of the Jacaré basin, is the rearmost section upstream, corner of spring. It is an area of rural traits. The valley is strikingly marked by the omnipresent canopy of the rainforest hillside, with its primary traits - and others featuring an agroforestry. Even in this sector, worth highlighting the presence of two properties in particular: the old Equestrian and former Camping.

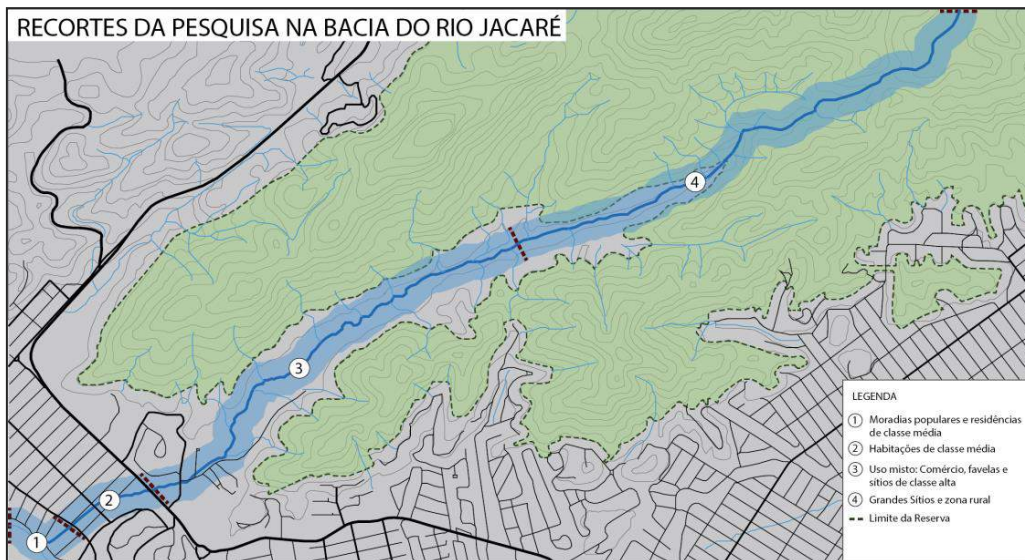


Figure 1. The cut of the basin and its significant social uses: housing, commerce, farming.

Source: Lima et al. (2016)

4.2 The Jacaré: vernacular geographies of a critical neighborhood

We evaluate the Jacaré as a critical neighborhood, mainly due to landscape and social fragmentation that it closed due to private ownership extremely perverse and unfair that annihilates the nature of the landscape, by stratagem, licit and illicit, ownership private space. The fragmentation of this duty would oppose one landscape cohesion project.

We advocate the implementation of doors and windows - focal points of public observation of the landscape - as tactical instruments of landscape integration. An urban river renaturalisation project must, therefore, contemplate the restoration of an intangible aspect: the public contemplation of the landscape. In this sense, the landscaped connectors stand in a mandatory instrument.

Here are some questions of the interviews and the return of some deponents.

Do you know the name of the river that goes through here? You know where it is born?

WR: Jacaré river? In the mountains behind the Equestrian that almost goes to Rio do Ouro.

ER: Jacaré, at the end of Jacaré road.

What do you know about Jacaré?

IQ: By the time the water was clear and had newborn alligators.

LA: I've lived here for over 40 years. The river was clean, you could bath and fish lobster. Gradually people were coming and everything was changing.

Has the river course different features? Why?

IQ: Some besiegers diverted the course, the Ubá condominium also, and buildings near the lagoon.

LB: Many places were covered so we did not see the dirt.

Which stretches of Jacaré river call your attention? Why?

IH: The river is in front of my house, is polluted with sewage that the community plays.

ZG: The sewage coming out of Ubá Condominium.

Do you often visit / walk / go to Jacaré river stretches beyond that where you live?

LH: No, lack of time and interest.

WR: I used to, but now has almost no attractive, you go fishing and come back stinking mud and sewage. I see the lagoon every day, as I told you, I live in front of it and sometimes we leave by boat to "tarrafear", but gives no more than four or five kilos. Siri disappeared, shrimp disappeared.

What makes it difficult / easy access of people to the river?

WR: No more attractive, you go fishing and back reeking of dirty mud.

VC: There is no access.

What solutions would be possible to recover this natural and social environment?

LH: First solution would be to stop the dumping of sewage and garbage into the river. Occurring so, clean and recover margins.

IQ: A radical action: demolition of buildings that interfere with access and replanting of the river bed from the source.

Based on these interviews, we identified doors / windows, or focal points of public accessibility, the fundamental pragmatic conception of the Jacaré basin as a visual basin (Fig. 2).



Figure 2. Doors and windows of the visual basin: the landscaped connectors

CONCLUDING: A PROPOSITIONAL AGENDA

In this analysis, we treat subjects spaces, constructed territories and suitable for concrete subjects. The urban Jacaré neighborhood, in Piratininga, contains one of the cases subject to critical analysis in relation to exclusionary territorial dynamics and strong landscape impact that it is true. Follow, so the weights of Anguelovski (2014: 173) when it analyzes the risks of encroachment, speculation land and environmental gentrification of some urban neighborhoods, which brings us to the defense of environmental justice projects to restore the sense of cohesion of distressed neighborhoods. It is fair that "the right to the

city is held by the people who inhabit the city, not by those who own it” (Anguelovski, 2014:177), the right to the landscape follows this same stream.

The repair of dignity against the vulnerability and social and environmental discrimination, as well as the political position against environmental gentrification imposing, leads us inescapably to the proposition of the following strategic agenda points of urban rivers renaturalisation, like the case of Jacaré: a) recover the hydrological functioning of the river area - expression of the systemic link between fluvial dynamics/territorial matrix; b) enhance public diversity of habitats - expression of the systemic link between ecological connector/landscaped connector; c) integrate environmental recovery cultural heritage - an expression of the link between natural system/cultural system; d) order, systematize and regulate urban uses - expression of the systemic link between social practice/space practice; and e) promote accessibility and sociocultural frequency to the river - expression of public/private systemic link. Finally, we should always struggle for inclusive renaturalisation of urban river involving ethical principles.

In accordance to Michel Serres (2011:93), “who knows, realize the beauty of the world is, quite simply, to take in front the appropriation waste?” In this direction, we conclude, categorically: the renaturalisation of urban rivers corresponds to humanized desartificialization of themselves.

REFERENCES

- Acserald, H. et al. (Orgs.). 2004. *Justiça ambiental e cidadania*. Rio de Janeiro: Relume-Dumará.
- Acserald, H.; Mello, C.; Bezerra, G. 2009. *O que é justiça ambiental*. Rio de Janeiro: Garamond.
- Anguelovski, I. 2014. *Neighborhood as refuge*. Community reconstruction, place remaking, and environmental justice in the city. Massachusetts: MIT.
- Busquets, J. 2009. Los estudios de impacto e integración paisajística. In Busquets, J.; Cortina, A. (Comp.). *Gestión del paisaje*. Manual de protección, gestión y ordenación del paisaje. Barcelona: Ariel.
- Costa, L.; Monteiro, P. 2002. Rios urbanos e valores ambientais. In Del Rio, V. et al. (Org.). *Projeto de lugar*. Colaboração entre psicologia, arquitetura e urbanismo. Rio de Janeiro: PROARQ/Contracapa.
- Folch, R. (Coord.). 2003. *El territorio como sistema*. Barcelona: CUIMPB.
- García, M.; Borobio, M. 2013. Cartografías de l’intangible: fer visible l’invisible. In *Reptes en la cartografia del paisatge*. Dinàmiques territorials i valors intangibles. Girona: Observatori del Paisatge.
- Gleeson, B.; Low, N. Environmental justice. 2003. In Agnew, J. et al. (Ed.) *A companion to political geography*. Malden: Blackwell.
- Gómez Alzate, A.; Londoño López, F. 2011. *Paisajes y nuevos territorios (en red)*. Cartografías e interacciones en entornos visuales y virtuales. Barcelona: Anthropos.
- Lévy, J. Justice spatiale In Lévy, J. ; Lussault, M. (dir.) 2003. *Dictionnaire de la Géographie et de l’espace des sociétés*. Paris: Belin.
- Lima, I.; Castro, D. 2013. Justiça territorial e gestão ambiental complexa: a bacia hidrográfica em foco. In: *9º Congresso Brasileiro de Sistemas*, Palmas: Universidade Federal do Tocantins, Anais (...).
- Lima, I.; Barbosa, J.; Barcellos, D. A integralização da paisagem como estratégia de renaturalização da bacia do rio Jacaré. In *I Seminário sobre Práticas de Renaturalização Fluvial – estratégias e ações*. Niterói: Universidade Federal Fluminense/Vice-Prefeitura Municipal de Niterói, 07 –11 março de 2016. No prelo.
- Ribeiro, S. 2012. *Etnogeomorfologia sertaneja*: proposta metodológica para a classificação das paisagens da sub-bacia do rio Salgado/CE. Tese de Doutorado. Rio de Janeiro: PPGG/Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Serres, M. 2011. *O mal limpo*. Poluir para se apropriar? Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- Rodá, F. 2003. La matriz del paisaje. In Folch, R. (Coord.). *El territorio como sistema*. Barcelona: CUIMP.
- Zahed Filho, K. et al. 2009. *Água em ambientes urbanos – renaturalização de rios em ambientes urbanos*. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.



Conforto ambiental: Praça Tamandaré na cidade de Passo Fundo – RS

Janaine Gobb

Universidade de Passo Fundo, Arquitetura e Urbanismo, Passo Fundo (RS), Brasil
janainegb@gmail.com

Evanisa Fatima Reginato Quevedo Melo

Universidade de Passo Fundo, Departamento de Engenharia Ambiental e Pesquisa, Passo Fundo (RS), Brasil
evanisa9@gmail.com

Tayana Brum Pires

Universidade de Passo Fundo, Arquitetura e Urbanismo, Passo Fundo (RS), Brasil
tayana_brump@hotmail.com

Shauane Manfro

Universidade de Passo Fundo, Engenharia de Produção, Passo Fundo (RS), Brasil
shauanemanfro@hotmail.com

Ricardo Henrique Reginato Quevedo Melo

Universidade de Passo Fundo, Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental, Passo Fundo (RS), Brasil
ricardohquevedo@gmail.com

Rodrigo Henrique Reginato Quevedo Melo

Universidade de Passo Fundo, Engenharia Civil, Passo Fundo (RS), Brasil
rodrigohquevedo@gmail.com

RESUMO: O planejamento, a implantação e a conservação da vegetação urbana constituem um bem de grande valor à comunidade, tornando-se um elemento essencial à composição das cidades. Na incorporação do tecido urbano, encontram-se as praças, áreas verdes que funcionam como um importante local de convívio, descanso e lazer da sociedade e apresentam-se como proporcionadores da sustentabilidade ambiental. A gestão de reabilitação destes espaços deve atender, além da manutenção da massa arbórea, os anseios dos usuários de forma planejada e sustentável, visando a melhoria da ambiência urbana, o resgate da paisagem natural e a relação significativa com seu entorno. Dessa forma, buscase, por meio deste artigo, verificar a importância da requalificação da Praça Tamandaré, localizada na cidade de Passo Fundo/RS, quanto à renovação de sua arborização e a nova configuração da tipologia. Para tanto, desenvolveu-se um inventário com o mapeamento da localização das espécies arbóreas antigas e novas, as quais formam um espaço verde com área de vegetação exótica característica de outono e, a avaliação da reorganização do traçado da praça, ao qual traz um novo contorno aos canteiros a fim de qualificar os espaços

e potencializar seus usos. Esta área verde na cidade de Passo Fundo, tem servido como um importante espaço de recreação e um agente minimizador dos impactos ambientais da urbanização, gerando um descanso visual pela inserção da paisagem na massa construída. Assim sendo, são de grande importância o planejamento e a conservação do espaço físico e das espécies arbóreas das praças, sendo estas responsáveis pelo conforto ambiental.

Palavras chave *Vegetação, praça, planejamento urbano, tipologia, requalificação, sustentabilidade*

1 INTRODUÇÃO

O rápido crescimento urbano verificado no Brasil a partir da metade do século XX fez com que a ocupação das cidades ocorresse de acordo com interesses pessoais ou de grupos sem o devido planejamento para adequar-se à nova condição. Este crescimento demográfico, como resultado do aumento sem medida da malha urbana, da verticalização, do uso intensivo do solo nas áreas centrais, da excessiva impermeabilização, da substituição de áreas verdes por áreas construídas, ocorrido especialmente nas cidades de médio e grande porte, desencadeou uma série de problemas ao ambiente urbano (Rosseti, 2009).

Uma cidade, em sua morfologia, é constituída por espaços livres, sendo estes, por sua vez, divididos por Lamas (1990) em duas categorias: “ruas e avenidas” - destinadas à circulação - e “praças e parques” - projetados para a permanência. Ele define praça como o “lugar intencional do encontro, da permanência, dos acontecimentos, de práticas sociais, de manifestações de vida urbana e comunitária e de prestígio, e, conseqüentemente, de funções estruturantes”. O autor observa, ainda, que a definição de praça implica a “estreita relação do vazio (espaços de permanência) com os edifícios, os seus planos marginais e as fachadas”, que definem os limites das praças e qualificam seu entorno imediato.

Segundo Barbirato et al., (2014) isso se reflete na densidade da ocupação do solo, o que exerce importante relação com a qualidade ambiental dos espaços. Uma mesma densidade urbana pode gerar diferentes tipologias espaciais na estrutura urbana, causando conseqüências microclimáticas diversas.

Diante disso, a obtenção de uma ambiência urbana agradável está diretamente ligada ao uso da vegetação, identificando recintos e criando identidade visual local. Neste caso, a distribuição das praças na área urbana apresenta uma situação privilegiada, onde a arborização determina um aspecto paisagístico mais interessante e agradável, promovendo bem-estar psicológico ao homem, contribuindo com benefícios ambientais como sombreamento para pedestres e veículos, amenização da temperatura, melhorias na qualidade do ar, proteção e direcionamento do vento e redução da poluição sonora (Silva Filho et al., 2002).

De maneira geral, as praças se localizam em locais públicos próximos da população, tem como finalidade proporcionar condições agradáveis aos frequentadores e são vistas como ambiente de lazer para atender as necessidades da vida urbana (Carvalho et al., 2010), espaço para contemplação da natureza e vida mais saudável para todas as idades e classes sociais (Santos et al., 2014).

Em cidades onde ocorre o planejamento da arborização desses locais, o cuidado é em utilizar diversidade de espécies vegetais do bioma ao qual a cidade está inserida, para compor o ambiente urbano com diversidade de espécies entre as praças, mantendo a característica da vegetação regional (Melo & Romanini, 2008), sendo importante o manejo adequado e o conhecimento do componente arbóreo na arborização, evitando assim, prejuízo ao meio ambiente (Dantas & Souza, 2004).

Para que este espaço público favoreça o conforto ambiental e atenda positiva e satisfatoriamente seus usuários, será necessário passar por um processo de revitalização e/ou requalificação após determinado tempo de existência. Bezerra & Chaves (2014) afirmam que “a palavra revitalização sempre traz à mente a ideia de conjuntos de medidas e ações que surgem com o objetivo de aplicar à determinada área um novo valor, e dando vida econômica e social. Porém, é de extrema importância relacionar o processo de requalificação arquitetônica à evolução urbana, considerando a sua cultura e a utilização socioeconômica, dando às cidades um aumento no seu grau de competitividade e valorização”.

Portanto, o presente trabalho se objetiva em apresentar as pesquisas e análises realizadas diante da requalificação da Praça Tamandaré, na cidade de Passo Fundo/RS, a partir da remodelação de sua tipologia, qualificação do seu mobiliário e renovação de sua massa vegetativa.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida na cidade de Passo Fundo (Figura 1), localizado no Norte do estado do Rio Grande do Sul, na latitude de 28° 15' 46" S e longitude de 52° 24' 24" W. Considerada uma cidade média, com área de 783,421 km², e uma das mais densas do estado, por possuir um grande número de edifícios, concentra uma população de 196.739 habitantes e uma densidade demográfica de 235,92 hab/km², de acordo com estimativas do IBGE.

O município localiza-se a uma altitude de 687 m, fazendo limite com Pontão e Coxilha a norte, Mato Castelhano a leste, Marau a sul, Ernestina e Santo Antônio do Planalto a sudoeste e, Carazinho a oeste. Apresentando temperatura média anual de 17,5 °C e verões que podem ultrapassar 30 °C, possui um clima do tipo subtropical úmido, segundo a classificação climática de Köppen. A cidade, ainda, é conhecida como "Capital do Planalto Médio" e "Capital Nacional da Literatura".



Figura 1. Localização da área de estudo, em destaque o município de Passo Fundo – RS. Fonte: Prefeitura Municipal de Passo Fundo, 2016.

O objeto de estudo nesta cidade é a Praça Tamandaré (Fig. 2), a qual se localiza na centralidade urbana, próximo a equipamentos de grande importância para o município. É um espaço caracterizado por ser um ambiente de contemplação e convivência, com diferentes superfícies de uso do solo no seu entorno imediato, sendo esses institucionais, de serviço, religiosos, residencial e comercial.

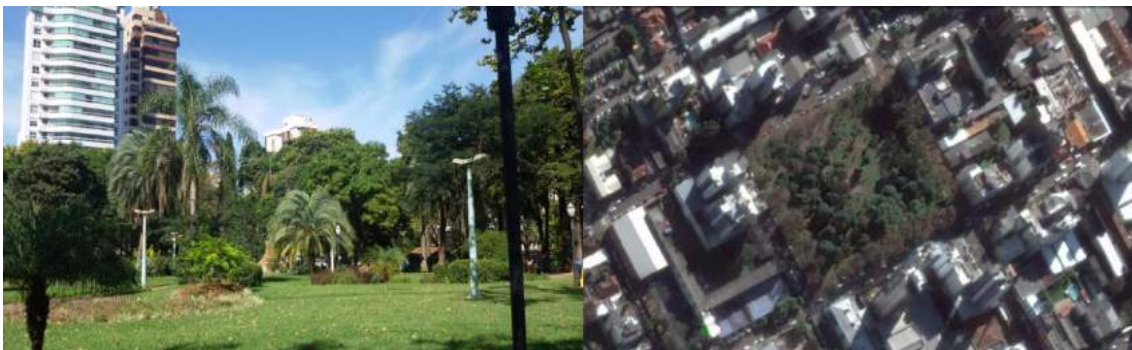


Figura 2. Praça Tamandaré no ano de 2016 e sua relação com o entorno. Fonte: Google Earth, elaborado por autor, 2016.

Para o levantamento dos fatores de análise quali-quantitativa dos elementos que compõem a praça, foram realizadas diversas visitas à mesma, onde se identificou as suas espécies arbóreas, comparando-se as vegetações já existentes com as novas inseridas. O método empregado na determinação das espécies foi o levantamento botânico, anotando seu nome vulgar e científico e a quantidade de cada espécie. A partir dessas especificações, desenvolveu-se um inventário com o mapeamento da localização das espécies arbóreas antigas e novas em forma de desenhos e tabelas.

Além disso, avaliou-se os mobiliários presentes no espaço quanto a sua qualidade de uso e quantidade, identificando os novos objetos arquitetônicos inseridos; a tipologia da praça, comparando-se o seu desenho inicial com as atuais mudanças. Todas as avaliações aliaram-se a registros fotográficos. Realizou-se, por fim, um levantamento da evolução histórico-cultural da cidade através de referenciais teóricos obtidos em acervo bibliotecário.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 A relação do surgimento da cidade com a praça

Diante da análise do entorno da Praça Marechal Floriano, comparando-se o ano de 2012 e 2015, verificou-se algumas mudanças no uso da mesma. Houve alteração especialmente em relação à instituição de ensino que foi substituída por um comércio e quanto ao uso misto aumentaram três edificações que eram inicialmente classificadas como comércio, em função da construção de edificações em altura.

A cidade de Passo Fundo teve suas origens no ano de 1828, quando o militar paulista Manoel José das Neves adquiriu o terreno que hoje constitui a área urbana, na atual Praça Tamandaré e adjacências, e formou um núcleo de moradores ao longo da chamada Estrada Geral (Oliveira, 1990), também denominada Estrada das Tropas, a qual posteriormente ganhou o status de Avenida Brasil.

Segundo Miranda & Machado (2005), o primeiro movimento urbano fora do eixo da Avenida Brasil se deu na direção do norte, com o arruamento se estendendo pela então Rua São Bento, atual Paissandú, entre as atuais Quinze de Novembro e Sete de Agosto. Nessa região, terras foram doadas pelo Cabo Neves para a construção da Capela Nossa Senhora da Conceição Aparecida, em 1884, sendo atualmente a Igreja Matriz da cidade. A partir 1906, após a sua inauguração, a mesma concentrava os fiéis da fé católica e traziam grande movimento à Praça Tamandaré, fazendo dela ponto obrigatório. A Matriz era a única Igreja que servia a zona urbana, razão pela afluência à praça. (Gehm, 1982).

O nome Praça do Tamandaré destinou-se ao vice-almirante Visconde de Tamandaré, Joaquim Marques Lisboa, que comandou as tropas passo-fundenses na Batalha do Paissandú, sendo o primeiro nome de pessoa usado para designar um local em Passo Fundo, no ano de 1865.

3.2 Levantamento florístico

Segundo Rosso & Siqueira (1998), as primeiras vegetações que constituíram a Praça Tamandaré foram plátanos e roseiras. No levantamento botânico foram identificadas e catalogadas 34 espécies arbóreas deste espaço, verificando-se a diversidade na composição (Fig. 3). Foram identificadas as espécies arbustivas abélia, buquê de noiva, caliadra, hibiscus e primavera presentes na composição dos canteiros da praça, trazendo a ela cor e embelezamento, sendo a abélia de maior predominância, com 34 unidades, seguido do buquê de noiva com 17. Dentre as espécies arbóreas, identificou-se uma maior concentração de plátano, com 70 unidades; cipreste (32) e jacarandá (10). Além destas, destaca-se a presença da espécie alergogena ligustro, porém com apenas dois exemplares.

O visual da praça recebe maior expressão cromática durante o período climatológico do outono, quando suas principais vegetações mudam a tonalidade das folhas e atribuem característica a mesma, principalmente pela cor amarela das folhagens dos plátanos, conferindo um colorido especial ao espaço.

Destaca-se que a presença da vegetação proporciona sombra e ventilação no passeio público e nos caminhos que percorrem a praça, ameniza a temperatura, além de promover a sensação de conforto ambiental melhorando a percepção ambiental do usuário pela área,

permitindo a integração do homem ao meio natural urbano de forma a ter melhor qualidade de vida.

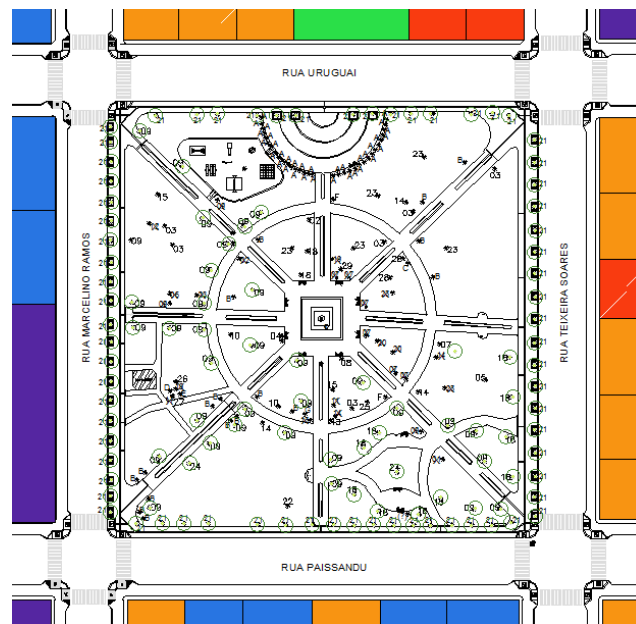


Figura 3. Localização das vegetações presentes da Praça Tamandaré. Fonte: Autor, 2016.

3.3 Aspectos de desenho urbano

3.3.1 Tipologia

De acordo com Neto & Angelis (2000), o estudo da tipologia dos espaços públicos pressupõe o conhecimento de sua identidade, estrutura, significado e imagem. Tendo como base os estudos acima, a Praça Tamandaré enquadra-se em quatro grupos: praça de igreja, de descanso e/ou recreação, de circulação e de significação visual. Essa tipologia levou em consideração seu uso mais comum, sua localização, sua estrutura e seu caráter funcional (Fig. 4).

Os elementos que a caracterizam como espaço de descanso e/ou recreação é a presença de playground, equipamentos para prática de exercícios físicos, e outros que permitem o lazer. Classificam-se também com função de circulação por estar inserida em uma região da cidade com intenso fluxo de veículos e pedestres. A significação visual apresenta-se por conter em sua área edificações que se destacam por sua arquitetura, ou por edifícios públicos que servem como referencial para serem lembradas, como por exemplo a Igreja Matriz Nossa Senhora da Conceição e o Hospital São Vicente de Paulo.



Figura 4. Espaços da Praça Tamandaré e Matriz Nossa Senhora da Conceição em uma de suas faces.
Fonte: Autor, 2016.

3.3.2 Inserção na trama urbana

Conforme as seguintes classificações, a Praça Tamandaré configura-se como uma praça do tipo conformada por quatro vias, adquirindo formato de praça quadrangular ou retangular pelo cruzamento de quatro vias, sendo duas a duas paralelas entre si. (Fig. 4). Destaca-se, ainda, que a localização da praça na trama urbana interfere em sua tipologia. Consequentemente tem-se que as praças localizadas na área central da cidade são, em sua maioria, de atravessamento ou de passagem.

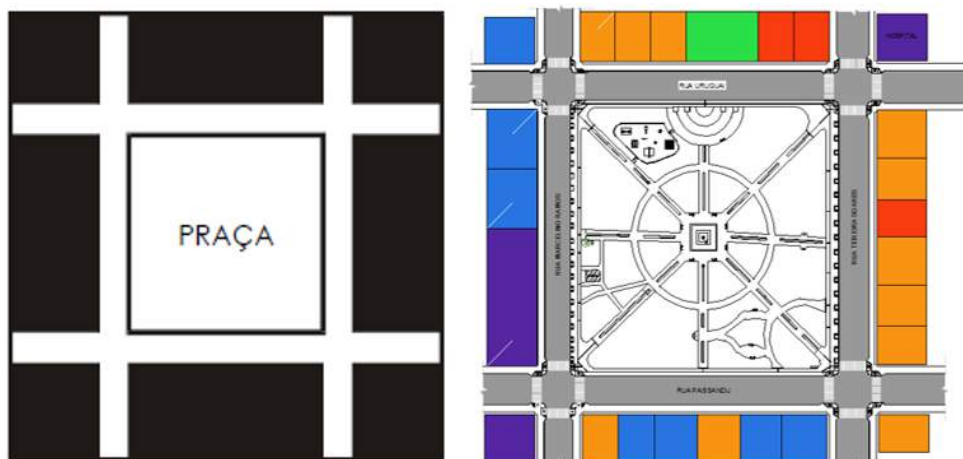


Figura 5. Classificação e desenho da Praça Tamandaré, Passo Fundo/RS. Fonte: Autor, 2016.

3.3.3 Mobiliário

A NBR 9283 (ABNT) define mobiliário urbano como “todos os objetos, elementos e pequenas construções integrantes da paisagem urbana, de natureza utilitária ou não, implantados mediante autorização do poder público, em espaços públicos e privados.”

Segundo Neto & Angelis (2000), ele deve estar inserido em um contexto mais amplo, que é o da cidade como um todo, e não ser apenas um elemento de decoração.

Dentre os mobiliários que compõe a Praça Tamandaré, na cidade de Passo Fundo/RS, encontram-se os bancos, luminárias, pisos, bicicletários, monumento de criação (busto), lixeiras, playground, equipamentos de academia ao ar livre, cabine telefônica, coletores de dejetos de animais por sacolas, parquímetro, placas sinalizadoras, placas comemorativas, chafariz, trailers de vendas, canteiros e sua arborização e, sanitários públicos.

Atualmente, a Praça Tamandaré passou por algumas modificações em sua tipologia, porém de forma a causar o menor impacto possível. As mesmas foram realizadas seguindo a percepção e opinião dos usuários do local, os quais decidiram por não modificar os desenhos dos canteiros já existentes, apenas requalificá-los e torná-los mais adequados a utilização da população. Dessa maneira, o novo projeto contou com o aperfeiçoamento das calçadas que circundam a praça com a inserção de sinalização de pisos podotáteis, destinado a deficientes visuais; novas luminárias em substituição às antigas; equipamentos para coleta de dejetos de animais; retirada de algumas vegetações e plantio de novas espécies; locação de um estacionamento para bicicletas, novos brinquedos para o parque infantil e, requalificação dos bancos já existentes (Fig 7-8).



Figura 6. Novos mobiliários da praça: piso podotátil, luminárias, coletores de dejetos e lixeiras.
Fonte: Autor, 2016.



Figura 7. Novo bicicletário, bancos reformados e novos equipamentos de diversão no playground.
Fonte: Autor, 2016.

Além dessas análises de restauração da Praça Tamandaré, identificou-se nela a presença de dois importantes monumentos: o busto de bronze em homenagem ao Coronel Gervásio

Lucas Annes, importante administrador político do início da construção da cidade de Passo Fundo, voltado para o lado nascente da cidade, inaugurado em 1921, além de um monumento dedicado ao Hospital São Vicente de Paulo, o qual exerce total relação com a praça por estar localizado na quadra seguinte, implantado no ano de 2016.

O grande crescimento das cidades, com constantes transformações a partir da revitalização urbana, faz com que diferentes áreas percam visibilidade, sejam degradadas pelo mau uso ou pela má administração pública, sendo esquecida a memória da cidade e sua importância social. Assim, utilizando de formas diferenciadas de requalificação urbana, a paisagem é modificada e reutilizada, atendendo as necessidades específicas para cada local. A preocupação com a dinâmica das cidades vem crescendo, estando sempre presente a sua construção em decorrência do seu contexto histórico.

Dentro do contexto da pesquisa realizada, percebe-se que o processo de requalificação da paisagem traz benefícios aonde quer que seja implantada, seja reavivando áreas, prédios, oferecendo possibilidades de crescimento, ou mesmo aumentando a visibilidade e turismo. A partir das análises, constatou-se que a Praça Tamandaré exerceu e exerce um importante papel na história da cidade de Passo Fundo. Através dela desenvolve-se meios econômicos, sociais e humanos, ou seja, a sua existência faz existir novas ocupações do solo para serviços, comércios, instituições, socialização e, forma uma paisagem urbana que estimula a sustentabilidade, agrega áreas verdes à cidade e traz a ela uma maior valorização, favorecendo todos as pessoas.

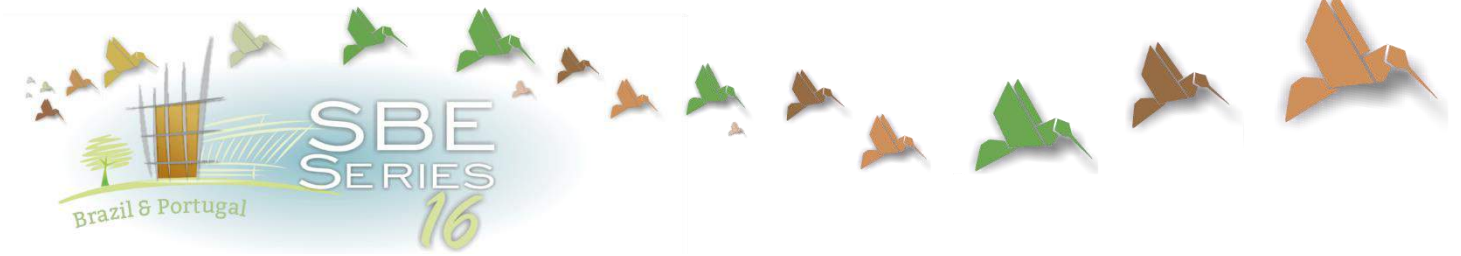
4 CONCLUSÕES

Dentro do contexto da pesquisa realizada, a partir da análise tipo-morfológica da Praça Tamandaré, no tocante à sua inserção na trama urbana e seu mobiliário, pode-se afirmar que, devido à falta de tratamento adequado, os materiais e o desenho dos seus equipamentos, sujeitos à ação das intempéries, adquirem uma menor vida útil, o que, associado à falta de manutenção, torna o ambiente ainda menos prazeroso de se estar. Quanto à sua tipologia, destaca-se que é a população, de acordo com o uso que faz desse espaço, quem determina as características que as classificam em diferentes categorias. Além disso, a localização da praça na trama urbana também interfere em sua tipologia, pois, por estar localizada na área central da cidade, cumpre a simples função de atravessamento ou de passagem.

No decorrer do trabalho foi possível constatar a importância da conservação, manutenção e qualificação dos espaços e elementos que compõem a praça para a promoção de uma melhor qualidade de vida, levando em conta a história de sua população e do meio ambiente que ali existia e ainda existe. Através dela desenvolve-se meios econômicos, sociais e humanos, ou seja, a sua existência faz existir novas ocupações do solo para serviços, comércios, instituições e, forma uma paisagem urbana que estimula a sustentabilidade, agrega áreas verdes à cidade e traz a ela uma maior valorização, favorecendo todos as pessoas. Cabe ressaltar que locais como este são criados com a finalidade de servir à população, proporcionando atividades de lazer, contemplação e convivência. Inserir novos equipamentos, restaurar mobiliários existentes e recompor a massa vegetativa fez com que os indivíduos que frequentam a Praça Tamandaré sintam-se satisfeitos e seguros em sua ocupação.

REFERÊNCIAS

- Bezerra, A. M. M., Chaves, C. R. C. Revitalização Urbana: Entendendo o processo de requalificação da paisagem. *Revista do CEDS*. Maranhão, ano 14, n.1, ago./dez. 2014.
- Carvalho, J. A.; Nucci, J. C.; Valaski, S. Inventário das Árvores Presentes na Arborização de Calçadas da Porção Central do Bairro Santa Felicidade. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, Piracicaba-SP, v. 5, n. 1, p. 126-143, 2010.
- Dantas, I. C.; Souza, C. M. C. Arborização urbana na cidade de Campina Grande - PB: Inventário e suas espécies. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, Campina Grande-PB, v. 4, n. 2, p. 1-18, 2004.
- Gehm, D. R. Quiosques. *Passo Fundo através do tempo*. 2 ed. Passo Fundo: Diário da Manhã, 1982, p. 147.
- Lamas, J. M. R. G. Morfologia urbana e desenho da cidade. Lisboa: Fundação Calouste Gulbekian, 1990.
- Melo, E. F. R. Q.; Romanini, A. Praça Ernesto Tochetto. Importância da sua Preservação Histórica e Aspecto de sua Arborização. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, Piracicaba-SP, v.3, n.1, p. 54-72, 2008.
- Miranda, F. B. S., Machado, I. P. Cidade e Desenho Urbano. *Passo Fundo: presentes da memória*. Rio de Janeiro: MM Comunicação, 2005, p. 14-75.
- Neto, G. A., Angelis, B. L. D. Os elementos de desenho das praças de Maringá-PR. *Acta Scientiarum*, Maringá, p. 1445-1453, 2000.
- Rosseti, K.A.C. Estudo do Desempenho de Coberturas Verdes como Estratégia Passiva de Condicionamento Térmico dos Edifícios na Cidade de Cuiabá, MT, Cuiabá, 2009, 145p. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) - Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso.
- Rosso, M. M., Siqueira, R. S. Formação educacional e cultural em Passo Fundo. In: DIEHL, A. A. (Org.). *Passo Fundo: uma história, várias questões*. Passo Fundo: EDIUPF, 1998, p. 99.
- Santos, E. C.; Santos, C. Z. A.; Gomes, L. J. Função socioambiental de praças públicas de Aracaju-SE. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, Piracicaba-SP, v. 9, n. 2, p. 34-54, 2014.
- Silva Filho, D.F. da; Pizzetta, P.U.C.; Almeida, J.B. S.A. Banco de dados relacional para cadastro, avaliação e manejo da arborização em vias públicas. *Revista Árvore*, v.26, n.5, p.629-642. 2002.



Author Index

SBE16 Brazil & Portugal
Sustainable Urban Communities towards a Nearly Zero Impact Built Environment
ISBN: 978-85-92631-00-0



Author Index

Abrahão, Ricardo	1759	Barreto, Douglas	723
Abrão, Pedro	877	Barros, Bárbara	1103
Aguiar, Fabianne	1143	Barros, Raquel	333, 1629
Aguiar, Karolyna	1649	Bassetto, Luci	1987
Aguiar, Rafaela	621	Bastos, Celso	1003
Akutsu, Maria	973	Bastos, Leopoldo	1083
Albani, Vivian	1315	Bastos, Pedro	887
Albuquerque, Leonardo	401	Bello, Leonardo	449
Almeida, Manuela	99, 441, 955, 1819, 1869	Bernabé, Ana Carolina	199
Almeida, Renata	1093, 1231	Bernabé, Ana Clara	199
Altoé, Emanuella	1897	Berni, Mauro	411
Alvarado, Rodrigo	13, 179	Bertolde, Adelmo	1143
Alvarez, Analía	469	Biasutti, Saulo	963, 1879
Alvarez, Cristina	33, 159, 199, 265, 285, 529, 713, 753, 789, 809, 837, 1269, 1531, 1767, 1829, 1947	Bissoli-Dalvi, Márcia	753, 789, 809, 1947
Alves, Alessandro	1501, 1697	Bittencourt, Leonardo	569
Amador, Carolina	245	Bolssoni, Gabriela	1287
Amorim, Alexandre	459	Bonatto, Daniella	1777
Andrade, Amanda	1221, 1967	Borges, Marcos	591, 1241
Andrade, Liza	611, 1325, 1435	Botelho-Francisco, Rodrigo	621
Andrade, Telma	1345	Braga, Leander	955
Aquilino, Andrea	1599	Braga, Maria	255
Araujo, Aline	519	Bragança, Luís	43, 69, 99, 169, 275, 343, 429, 641, 867, 927, 983, 1193, 1589, 1869
Araújo, Catarina	275, 1869	Branco, Neila	1345
Araujo, Luis	449	Brandão, Alexandre	1733
Araújo, Taluane	701	Brandão, Nathalia	189
Araújo, Yngrid	1113	Brandli, Luciana	1725
Arnold, Daiana	149	Brauhardt, Bárbara	69
Arruda, Beatriz	1927	Bremenkamp, Álvaro	361, 1957
Arthur, Lara	459	Brigagão, Livia	1715
Assis, Leandro	1315	Brito, Adriana	973
Azevedo, Abílio	419, 937	Brito, Jordano	1767
Baggiotto, Angelica	1501	Brito, Miriam	1907
Ballesteros, Juan	1053	Brocco, Livia	1839
Barbieri, Indiara	285	Brum, Eduardo	1123
Barbirato, Gianna	1013	Bueno, Cristiane	549
Barbosa, Andrezza	1045	Bueno, Laura	761
Barbosa, Gisele	511, 1707	Bueno, Maruska	245, 255
Barbosa, José	983, 1193	Cabrera-Jara, Natasha	771
Barbosa, Maria	295, 955		

Caldas, Lucas Rosse	1997	Dell Santo, Amabeli	1677
Callejas, Ivan	1063	Dettmer, Tina	1405
Calmon, João	139, 529, 539, 681, 1023	Deus, Gabriel	489
Camacho, Darwin	59	Dias, Ingrid	1839
Câmara, Luiza	1405	Dornelas, Angélica	1231
Campos, Adriana	1511	Drummond, Ana	1173
Campos, Tácio	449	Duarte, Maria	1435
Caram, Rosana	99	Durante, Luciane	1063
Cardoso, Francisco	1355	Edge, Patricia	1405
Cardoso, Murilo	621	Effgem, André	189
Carrara, Ghérsika	819	Espicalski, Kevin	227
Casagrande Jr., Eloy	1987	Evangelísta, Wemerton	1073
Castano, Alexander	1789	Fabricio, Marcio	549, 1849
Castro, Ana	1415	Fagundes, Othon	1113
Castro, Caroline	733	Fantinelli, Jane	411
Cavalcante, Marianne	539	Fassina, Sirana	79
Cavalcanti, Bárbara	661	Feltes, Jeison	149
Cavaliero, Carla	411	Fenerich, Frederico	1753
Cenci, Laline	179	Fernandes, Jorge	429
Cesar, Sandro	993	Ferreira, Leonardo	1977
Chávez, José	119, 847	Ferreira, Marco	1819
Chong, Cesar	69	Ferreira, Marina	245
Cilento, Bruna	761	Ferreira, Tuani	1183
Cioppa, Antonella	129	Ferreira, Wemerson	419, 937
Có, Jorge	691	Barbosa Filho, Wilson	419, 937
Cochand, Loic	1113	Florenzano, Luciana	1093
Coelho, Edumar	963, 1879	Fonseca, Ingrid	499
Coelho, Felipe	139	Fontoura, Larissa	1669
Coelho, Fernanda	1073	Fornaciari, Rhaina	789
Collaço, Flávia	1859	Frاندoloso, Marcos	217
Conde, Ignacio	1053	Freitas, Maria	601, 621, 671
Conde, Karla	681, 1483	Freitas, Plínio	1201
Correa, Elizabeth	23	Fritsch, Robrigo	217
Correia, Marcia	867	Furtado, Julia	955
Cortez, Pedro	361, 1957	Gata, Kevin	1053
Cosentino, Livia	1241	Gelpi, Adriana	1619, 1743
Costa, Antonella	419	Gervásio, Helena	429
Costa, Fernando	1759	Giacomin, Regiane	1023
Costa, Francisco	601, 671	Giacon, Virginia	1045
Costa, Luiz	1927	Gobb, Janaine	1279, 1373
Costa, Maria	993	Gobbi, Mirna	809
Costalonga, Filipe	33, 371	Goecks, Pedro	207
Coutinho, Sandra	189, 227, 691, 1839	Gomes, Daniella	1511
Covaleski, Joani	1501, 1697	Gómez, Patricia	1053
Cruz, Andrea	1511	Gonçalves, Adilson	1183
Cruz, Marta	1143	Gonçalves, Ricardo	1649
Cruz, Rafael	1463, 1541, 1859	Goulart, Elisa	1531
Cunha, Marco	1033	Gozer, Vanessa	381
Cunha, Rita	1345	Granja, Laura	1937
Cúnsulo, Mario	469	Grigoletti, Giane	631
Dalmaschio, Guilherme	381	Guerrero, Luis	119
D'Amico, Flavio	1053	Guerrero, María	857
		Guimarães, Aline	1335
		Guimarães, Erika	983

Haerr, Parker	305	Martins, Cinthia	313
Hermida, M. Augusta	771, 857, 1385	Martorano, Lucieta	1045
Hofman, Izabela	159	Mass, Bárbara	559
Hülle, Laryssa	1287	Mateus, Ricardo	429, 1193, 1589, 1819
Ibarra, Daniel	13	Matos, Bruna	955
Imbronito, Maria	1579	Melchiorre, Lucia	129
Iten, Muriel	441	Mello, Flávia	691
Jesus, Luciana	361, 1297, 1957	Mello, Robson	139
John, Vanderley	877	Melo, Bruna	1325
Justi, Ana	1809	Melo, Evanisa	1123, 1279, 1373, 1445, 1561
Kalil, Rosa	1619, 1725, 1743	Melo, José	1445
Kanashiro, Milena	1669	Melo, Marcelo	149
Kemczinski, Avaniilde	601, 671	Melo, Ricardo	1123, 1279, 1373, 1445, 1561
Kiperstok, Asher	993	Melo, Rodrigo	1123, 1279, 1373, 1445, 1561
Konassova, Sarka	51	Melotti, Viviani	489
Kuhn, Desireé	1967	Mendonça, Eneida	1395
Kuhn, Eugenia	1425	Mestre, Ana	441
Kurbán, Alejandra	469	Miranda, Clara	1307, 1609
Lacerda, Marco	1083	Mocock, Juliana	661
Lamberts, Roberto	1917	Monte, Fabiano	1541
Langner, Marcelo	59	Monte, Vanderlei	1463
Laranja, Andréa	79, 265, 285	Montes, María	1917
Larivoir, Laura	579, 887	Montilla, Eduardo	469
Larsson, Nils	3	Morais Neto, Gregório	1143
Lazo, Carolina	1163	Morales, Gabriel	119
Lemos, Joana	621	Moratori, Daniel	295
Leo, Vanessa	333	Motomura, Monica	1669
Lepin, Camila	479	Motta, Ana	947
Lima, Debora	611	Mulder, David	305
Lima, Ivaldo	1365	Muniz, Isabela	1887
Lindoso, Teresa	1453	Nakamura, Priscila	89
Lira, Júlia	351, 1997	Nascimento, Heriberto	99
Lopes, Diorges	207	Nascimento, Juliana	169
Lopes, Gabriel	255	Navarrete, Jeremy	779
Loureiro, Oliver	733	Negreiros, Pedro	511, 1707
Lucas, Christiane	651	Neira, Mateo	857, 1385
Macedo, Adilson	1579	Neves, Thiara	819
Machado, Laura	1355	Nico-Rodrigues, Edna	33, 159, 371
Maciel, Mariana	1897	Nobre, Regina	701
Magnus, Lucas	1425	Nogueira, Jairo	323
Magro, Francisco	1123, 1279, 1561	Nogueira, Viviany	1173
Maioli, Ricardo	1287	Novo, Jean	1715, 1733
Malta, Nayara	1315	Nunes, Natalia	227
Manfro, Shauane	1373	Oliveira, Ana	371
Marins, Daniela	265	Oliveira, Felipe	1521
Marins, Karin	1541, 1569, 1639, 1859	Oliveira, Fernanda	1113
Maron, Guilherme	1201	Oliveira, Fernando	569
Marques, Luana	1839	Oliveira, José	401
Marques, Suellem	1947	Oliveira, Marco	43, 343
Martín, Fernando	1053	Oliveira, Mariany	1947
Martinez, Miguel	601		
Martins, Andreia	1849		
Martins, Bruno	1315		

Oliveira, Marlon	159	Rauen, William	733, 829, 1809
Oliveira, Marlus	313	Rebelatto, Bianca	217
Oliveira, Mary	1249	Rebello, Thaís	1003
Oliveira, Natalia dos Santos	701	Rebêlo, Marcelle	1013
Oliveira, Natália Barros	323	Redden, Paul	305
Oliveira, Paulo	411	Rêgo, Vitor	701
Oliveira, Simone	1259	Reis Jr., Neyval	1531, 1829
Oliveira, Wagner	1743	Reis, Daniel	877, 1849
Orellana, Daniel	771, 857	Reis, Maria	1211
Ortega, Andrés	469	Rembiski, Fabrícia	189, 227, 489, 819, 1839
Osario, Pablo	1385	Restrepo, Laura	1789
Ospina, Andrés	1789	Ribeiro, Aline	189
Pacheco, Pablo	1221	Ribeiro, Luana	1073
Padilha, Daiany	1113	Rizzatti, Eduardo	207
Pagel, Érica	1415, 1829	Robles, Daniel	671
Paim, Alessandra	1967	Rocha, Vanessa	1725
Paiva, Claudia	295	Rocon, Carolina	713
Paixão, Daniel	621	Rodrigues, Ana	1819
Paixão, Dinara	43, 343	Rodrigues, Artur	371
Pegoretti, Pâmela	837	Rodrigues, Larissa	109
Peinado, Tyler	305	Romanel, Celso	237, 1405, 1715, 1733, 1759
Penna, Tainah	1395	Romero, Marta	651
Pereira, Bianca	1183	Rossi, Ângela	1103, 1599, 1687
Pereira, Paulo	323	Rovetta, Marina	227
Pereira, Sérgio	701	Sacht, Helenice	59, 69, 99, 169
Peres, Sergio	1173	Sales, Gastão	1579
Perim, Bruna	1315	Salgado, Monica	867, 1033
Piazzarollo, Jessica	897	Saloto, Mateus	1677
Picada, Getúlio	43	Salume, Alberto	539
Piderit, Maria	479, 743, 779	Samaniego, Priscila	857
Pietto, Pedro	1725	Samora, Patrícia	761, 1927
Pimentel, Míria	819	Sanches, Suely	1661
Pina, Silvia	1483	Sánchez, Manuel	1053
Pinares, Manuel	779	Sanhueza, Carolina	479
Pinheiro, Bruna	897	Sant'Ana, Daniel	1799
Pinheiro, José	275	Santana, Marina	1629
Pinho, Giusilene	381, 391	Santander, Alvaro	1053
Pinto, Debora	701, 1113	Santos, Andreia	733
Pires, Tayana	1279, 1373	Santos, Antônio	419, 937
Potuhera, Dhakshan	305	Santos, Jorge	43, 343
Pouey, Maria	1201	Santos, Lívia	601
Pozzobom, Cristina	207	Santos, Matheus	973
Prange, Sergio	1153	Santos, Mauro	1511
Pretti, Argeu	529	Santos, Thiago	1123
Pretto, Nelita	1743	Sassi, Paola	1917
Quaresma, Cristiano	1463, 1541	Sattler, Miguel	1221, 1425, 1967
Quilodrán, Miguel	1551, 1907	Sauer, Aline	189, 227, 489, 691, 819, 1839
Rabbani, Emilia	661, 1173	Savi, Adriane	1211
Rabello, Júlia	1767	Scarpinella, Gustavo	1259
Ramírez, Leidy	23	Scheer, Sergio	559
Ramos, Larissa	361, 1297, 1957		
Ramos, Suzany	1297		
Rangel, Larissa	1777		

Senger, Eduardo	907	Trenz, Thaís	1967
Sermarini, Douglas	411	Tucci, Fabrizio	499
Seroa, Ana	1133	Ulian, Giovana	1551
Serra, Bernardo	1687	Ulloa, Ricardo	1163
Serra, Scheyla	723	Vaguetti, Marcos	631
Silva, Adriana	149	Valiente, Ernesto	1053
Silva, Auriele	1063	Vanin, Fábio	1907
Silva, Brenda	1269	Vargas, Paulo	1287
Silva, Carolina	1033, 1839	Vaz, Luciene	947, 1133
Silva, Christiane	1977	Vettorazzi, Egon	59
Silva, Edilson	1493	Viana, Angela	1325
Silva, Eneias	1183	Vieira, Geilma	109
Silva, Fabiana	1531	Vieira, Juliana	1287
Silva, Juan	661	Vieira, Renata	753
Silva, Julia	761	Vieira, Wallason	189
Silva, Juliana	227	Vilela, Erika	1927
Silva, Juvancir	733, 829	Vinhal, Laís	723
Silva, Livia	419, 937	Vizeu, Carolina	753, 809
Silva, Luciene	1453	Waldetario, Kamila	837
Silva, Maclovia	1987	Xavier, Tatiana	1269
Silva, Malena	1767	Ximenes, Deize	1473, 1521
Silva, Paulo	641	Yuba, Naguissa	89
Silva, Ricardo Marcelo	313	Zaganelli, Deborah	1307, 1609
Silva, Ricardo Siloto	1259	Zamboni, Caroline	753, 809
Silva, Sandra	429	Zambrano, Letícia	1937
Silva, Sidnei	799	Zandoná, Bibiana	1697
Silva, Simone	1493	Zapata-González, Lina	743
Simonian, Lonny	305	Zeule, Ludmilla	723
Siqueira, Letícia	681		
Sirtulli, Bruna	33		
Soares, Bianca	917		
Soares, Marília	1677		
Sobreira, Paula	1201		
Sousa, Isabel	1661		
Souto, Lizelda	1173		
Souza Jr., Adilson	1201		
Souza, Claudia	237		
Souza, Denise	391		
Souza, Matheus	631		
Souza, Rafael	1133		
Souza, Rafael Carvalho	947		
Spoto, Rosa	351, 1997		
Stieger, Isabela	591		
Sturzbecher, Gabriela	1501, 1697		
Tavares, Sergio	519, 559, 907, 927, 1211		
Tawayha, Fajer	1589		
Teixeira, Bernardo	799		
Teixeira, Catharina	1473		
Thompson, Daniela	227		
Tiepo, Cristiane	1725		
Tierno, Ricardo	1569		
Tomé, Marina	265		
Torres, Julio	1153		

SBE16 Brazil & Portugal
Sustainable Urban Communities towards a Nearly Zero Impact Built Environment
ISBN: 978-85-92631-00-0

ORGANIZADORES:



APOIADORES:



PATROCINADORES:



COLABORADORES:



FINANCIADORES:



MINISTÉRIO DA
EDUCAÇÃO



ISBN: 978-85-92631-00-0



SBE 16 SERIES

SUSTAINABLE URBAN COMMUNITIES TOWARDS A
NEARLY ZERO IMPACT BUILT ENVIRONMENT

7-9 SEPTEMBER 2016 - VITÓRIA, BRAZIL

VOL III



EDITORS

CRISTINA ENGEL DE ALVAREZ
LUÍS BRAGANÇA
EDNA APARECIDA NICO RODRIGUES
RICARDO MATEUS

SBE16 BRAZIL & PORTUGAL

SUSTAINABLE URBAN COMMUNITIES TOWARDS A NEARLY ZERO IMPACT BUILT ENVIRONMENT

Volume III

Organized by



Partners



Sponsors



Financing





SBE16 BRAZIL & PORTUGAL

SUSTAINABLE URBAN COMMUNITIES TOWARDS A NEARLY ZERO IMPACT BUILT ENVIRONMENT

Editors

Cristina Engel de Alvarez

Luís Bragança

Edna Aparecida Nico-Rodrigues

Ricardo Mateus

© 2016 The authors

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

ISBN 978-85-92631-00-0

1st edition, September 2016

250 copies

LEGAL NOTICE

The Editors are not responsible for the use which might be made of the following information.



Foreword

The organizers of SBE 16 Brazil & Portugal were challenged to promote discussions and the development of solutions for an important and, at the same time, very ambitious topic – Sustainable Urban Communities towards a Nearly Zero Impact Built Environment. This is the main focus of the international conference SBE16 Brazil & Portugal; the only event of the SBE16/17 conference series being held in Latin America, more precisely, in Vitória (Espírito Santo), Brazil, from the 7th until the 9th of September 2016. The conference offered a unique opportunity to bring together researchers from all over the world to share evidence-based knowledge in the field and succeeded to achieve its goals since many contributions from various parts of the planet were received, addressing a tiny part of the problem or trying to perform the difficult task of making the sum of the parts a coherent whole.

The SBE conference series is the pre-eminent international conference series on sustainable building, construction, urban sustainability issues and supporting infrastructure. The series is held on a three-year cycle with planning and preparation in year 1, regional conferences held in year 2 and a single global event to be held in year 3.

The series is owned and supported by high prestige partners, such as the International Council for Research and Innovation in Building and Construction (CIB), the International Initiative for a Sustainable Built Environment (iiSBE), the United Nations Environment Programme (UNEP) and the International Federation of Consulting Engineers (FIDIC). The first conference was launched in 2000 and, since then, the series continues to evolve. Up to 2014, the series was named the “SB” or “Sustainable Building” conference series, but the series coordinators have now changed the series name to “SBE”, standing for “Sustainable Built Environment” series, to more clearly indicate the inclusion of issues related to local urban areas and supporting infrastructure.

The Federal University of Espírito Santo (Brazil), the University of Minho (Portugal) and iiSBE Portugal, with the support of the Brazilian National Association for the Built Environment Technologies (ANTAC) and the Network on Energy Efficient Urban Communities (URBENERE) of CYTED “Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnologia para el Desarrollo”, organized SBE16 Brazil & Portugal. The event succeeded to get the crucial financial and institutional support of the Coordination for the Improvement of Brazilian Higher Education Staff (Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Ensino Superior - CAPES) and the Foundation for Research and Innovation of the State of Espírito Santo (Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo - FAPES), among other sponsors.

The aim of SBE16 Brazil & Portugal is to promote the discussion and development of knowledge on the theme “Sustainable Urban Communities towards a Nearly Zero Impact Built Environment”.

The main objectives of the event are the following:

- I. Promote effective interaction between researchers and professionals working in the various areas of the built environment through different activities offered at the event (lectures, debates, short courses / seminars, exhibitions and practical experiences);
- II. Disseminate scientific and technological achievements in the areas of Building, Construction and Sustainable Communities;
- III. Assess the current state and prospects of development in the areas of research and high education; and
- IV. Encourage the startup of new groups and/or the development of existing groups, preferably with the participation of members from several countries.

These main objectives are achieved through the implementation of the following specific objectives:

- i. To promote the integration of research, education and professional practice, in order to incorporate the guidelines, criteria and products generated by the scientific community in the design and sustainable production of the built environment;
- ii. To disseminate information about products, equipment and services that enable the use of efficient technologies that favor the rational use of energy and the preservation of the environment, without jeopardizing the comfort conditions;
- iii. To deepen awareness among the professionals responsible for the implementation of the built environment on the importance of integrating the concept of sustainability throughout the whole life-cycle, i.e. from design (cradle) until disposal (grave);
- iv. To allow technical community to improve their professional skills through lectures and short courses taught by internationally prominent and highly qualified professionals;
- v. To encourage transdisciplinary studies taking into consideration the necessary correlation between the environment and society, as well as the absolutely need for the economic feasibility of these solutions; and
- vi. To promote the discussions about processes, methods and sustainability assessment tools focused on materials, construction products, buildings and urban communities.

To achieve these specific objectives, the SBE16 Brazil & Portugal conference topics cover a wide range of up-to-date issues in the Sustainable Build Environment field, such as:

- Nearly zero and positive energy built environments;
- Environmentally-friendly renewable energy systems;
- Urban planning for sustainable communities;
- Sustainable urban mobility and accessibility;
- Mitigation of impacts in urban areas;
- Sustainability assessment tools;
- Governance and strategies for a sustainable built environment;
- Technologies for a sustainable building environment;
- Training and education to promote adoption of sustainable approaches;
- Adaptation of cities and buildings to climate changes;
- Contributions and consequences of urban landscaping;
- The BIM concept applied to sustainable buildings and cities.

Like every international event, for SBE16 Brazil & Portugal it is also expected, as outcome, a broad exchange of information between the delegates, resulting from the strategies that allow meetings and the establishment of knowledge networks. In this sense, conferences, short courses, technical visits, communications, poster sessions and even the organization of living spaces highlight and promote the interconnection of this topic and reflect the need that sustainability must be seen and discussed under several points of view.

It is expected that people with diverse backgrounds, different levels and also coming from diverse contexts meet in Victoria, allowing that each participant can understand and learn from other people's reality. The organizers believe that only respecting the differences, the global sustainability may, one day, be achieved.

Finally, the organizers want to address a special thanks to all Authors and Scientific Committee Members for their support and contribution to the successful development of the scientific basis to the knowledge on the theme "Sustainable Urban Communities towards a Nearly Zero Impact Built Environment".

The SBE16 Brazil & Portugal organizers

BRAZIL

PORTUGAL

Prof. Cristina Engel de Alvarez
cristina.engel@ufes.br

Prof. Luís Bragança
braganca@civil.uminho.pt

Prof. Edna Aparecida Nico-Rodrigues
edna.rodrigues@ufes.br

Prof. Ricardo Mateus
ricardomateus@civil.uminho.pt

Federal University of Espírito Santo

University of Minho

Web: <http://lpp.ufes.br>

Web: <http://civil.uminho.pt>

Tel.: + 55 27 4009 2581

Tel.: + 351 253 510 499



Scientific Committee

Alexandre Cypreste Amorim

Instituto Federal do Espírito Santo, Brazil

Amábeli Dell Santo

Instituto Federal do Espírito Santo, Brazil

Ana Paula Rabello Lyra

Universidade Vila Velha, Brazil

Anderson Buss Woellfel

Faculdades Integradas Espirito-Santense, Brazil

Andrea Coelho Laranja

Universidade Federal do Espírito Santo, Brazil

Andrea Naguissa Yuba

Universidade Federal Mato Grosso do Sul, Brazil

Andrea Parisi Kern

Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Brazil

Angela M. Gabriella Rossi

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brazil

Anicoli Romanini

Universidade de Passo Fundo, Brazil

Armando Silva Afonso

Universidade de Aveiro, Portugal

Avanilde Kemczinski

Universidade Federal de Santa Catarina, Brazil

Bernardo Zadomenico Dias

Emp. Brasil. de Ensino Pesquisa e Extensão, Brazil

Catarina Brandão Araújo

Universidade do Minho, Portugal

Christian Wetzel

Calcon, Germany

Clara Luiza Miranda

Universidade Federal do Espírito Santo, Brazil

Cristina Engel de Alvarez

Universidade Federal do Espírito Santo, Brazil

Daniel Chemisana

Universidad de Lleida, Spain

Daniel Pinheiro

Universidade do Minho, Portugal

Dielly Christine Montarroyos Guedes

Emp. Brasil. de Ensino Pesquisa e Extensão, Brazil

Dimitrios Bikas

University of Thessaloniki, Greece

Edna Aparecida Nico-Rodrigues

Universidade Federal do Espírito Santo, Brazil

Edna Mara Pires Gumz

Universidade Vila Velha, Brazil

Eneida Maria Souza Mendonça

Universidade Federal do Espírito Santo, Brazil

Ercilia Hitomi Hirota

Universidade Estadual de Londrina, Brazil

Érica Coelho Pagel

Faculdades Integradas Espirito-Santense, Brazil

Fabiana Trindade da Silva

Faculdades Integradas Espirito-Santense, Brazil

Fabricia Delfino Rembiski

Emp. Brasil. de Ensino Pesquisa e Extensão, Brazil

Fernando Branco

Universidade de Lisboa, Portugal

Gleice Azambuja Elali

Universidade Fed. do Rio Grande do Norte, Brazil

Helenice Maria Sacht

Universidade Federal Latino-Americana, Brazil

Irina Tumini

Universidad del Bío-Bío, Chile

Joana Bonifácio Andrade

Universidade do Minho, Portugal

João Luis Calmon Nogueira da Gama

Universidade Federal do Espírito Santo, Brazil

Jorge de Brito

Universidade de Lisboa, Portugal

Jorge Fernandes

Universidade do Minho, Portugal

Jorge Patrício

Laboratório Nac. de Engenharia Civil, Portugal

José Alí Porras-Salazar

Universidad de Costa Rica, Costa Rica

José Amarílio Barbosa

Universidade do Minho, Portugal

Jussara Farias Fardin

Universidade Federal do Espírito Santo, Brazil

Kamila Zamborlini Waldetário

Faculdades Integradas de Aracruz, Brazil

Karen Allacker

Catholic University of Leuven, Belgium

Liza Maria Souza de Andrade

Universidade Federal de Brasília, Brazil

Luciana Aparecida Netto de Jesus

Universidade de Vila Velha, Brazil

Luís Bragança

Universidade do Minho, Portugal

Manuela Almeida

Universidade do Minho, Portugal

Márcia Bissoli-Dalvi

Universidade Federal do Espírito Santo, Brazil

Maria Augusta Hermida Palacios

Universidad de Cuenca, Equator

Maria Beatriz Piderit Moreno

Universidad del Bío-bío, Chile

Maria de Fátima Castro

Universidade do Minho, Portugal

Maria do Carmo Duarte Freitas

Universidade Federal do Paraná, Brazil

Maria Elena Soldatti

Universidad Tecnológica Nacional, Argentina

Marta Monteiro da Costa Cruz

Universidade Federal do Espírito Santo, Brazil

Mattheos Santamouris

University of Athens, Greece

Maureen Trebilcock

Universidad del Bío-bío, Chile

Miguel Aloysio Sattler

Universidade Federal Rio Grande do Sul, Brazil

Monica Santos Salgado

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brazil

Muriel Iten

Universidade do Minho, Portugal

Nelson Porto Ribeiro

Universidade Federal do Espírito Santo, Brazil

Neyval Costa Reis Junior

Universidade Federal do Espírito Santo, Brazil

Nils Larsson

iiSBE, Canada

Norberto Santiago Odobez

Universidad Tecnológica Nacional, Argentina

Paulo Mendonça

Universidade do Minho, Portugal

Paulo Sergio de Paula Vargas

Universidade Federal do Espírito Santo, Brazil

Raquel Regina Martini Paula Barros

Universidade Metodista de Piracicaba, Brazil

Ricardo Franci Gonçalves

Universidade Federal do Espírito Santo, Brazil

Ricardo Mateus

Universidade do Minho, Portugal

Ricardo Nacari Maioli

Universidade Federal do Espírito Santo, Brazil

Robert Lamberts

Universidade Federal de Santa Catarina, Brazil

Rodrigo Garcia Alvarado

Universidad del Bío-Bío, Chile

Rogério Amoêda

Green Lines Institute, Portugal

Ronal Rovers

Zuyd University, The Netherlands

Sandra Monteiro Silva

Universidade do Minho, Portugal

Sergio Fernando Tavares

Universidade Federal do Paraná, Brazil

Solange Virginia G. Goulart

Universidade Fed. do Rio Grande do Norte, Brazil

Tarja Häkkinen

VTT Technical Research Centre of Finland, Finland

Thalita Gorban Ferreira Giglio

Universidade Estadual de Londrina, Brazil

Tomas Luetzkendorf

University of Karlsruhe, Germany



Contents

VOLUME I

Chapter 1 - Technologies for a sustainable built environment

Neglected Issues in Building Performance <i>Nils K. Larsson</i>	3
Escuelas productoras de energía: cosechando una nueva generación <i>Daniel Sosa Ibarra and Rodrigo García Alvarado</i>	13
Passive design strategies for building envelopes in different orientations <i>Elizabeth Parra Correa and Leidy Johana Ramírez</i>	23
Thermal Performance as a parameter of choice of materials: Brazilian Antarctic Station <i>Bruna Peronvano Sirtuli, Filipe Galina Costalonga, Cristina Engel de Alvarez and Edna Aparecida Nico-Rodrigues</i>	33
The use of calabashes as sound absorption alternative material <i>Marco Aurélio de Oliveira, Luís Bragança, Dinara Paixão, Getúlio Picada and Jorge Luis Pizzutti dos Santos</i>	43
The contribution of green roofs to mitigate urban heat island effect in Rio de Janeiro <i>Sarka Konasova</i>	51
Windows and Facades: Proposal of a Device for Increasing Performance for Natural Ventilation and Daylighting <i>Egon Vettorazzi, Helenice M. Sacht, Marcelo Langner and Darwin J. Camacho</i>	59
Wood Frame Housing System: Case Study and Application Potential for Low-Cost Housing in Foz do Iguaçu <i>Bárbara Brauhardt, Helenice Maria Sacht, Luís Bragança and Cesar Rodrigo Faraone Wing Chong</i>	69
Balcões refletores e a disponibilidade da iluminação natural em salas de aula: O caso do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus Colatina <i>Sirana Palassi Fassina and Andréa Coelho Laranja</i>	79

Green Roofs: Manual structure proposed for Brazilian cities <i>Priscila Nakamura and Andrea Naguissa Yuba</i>	89
Double Glazings: Spectrophotometric Characterization for Facade Modules <i>Helenice M. Sacht, Luís Bragança, Manuela Almeida, Heriberto O. Nascimento and Rosana Caram</i>	99
Industrial waste: Study for adding or partial replacement in Portland cement <i>Larissa Helena Carnielli Howat Rodrigues and Geilma Lima Vieira</i>	109
Characterization and Thermal Performance of a Compressed Earth Construction System for Improving Comfort and Achieving Energy Savings <i>José Roberto García Chávez, Luis Guerrero and Gabriel Morales</i>	119
Innovative skins and domotic systems: the technological design for residential buildings' energetic efficiency <i>Lucia Melchiorre and Antonella Della Cioppa</i>	129
LCA of waste PET particles as a partial replacement for sand in self-compacting concrete <i>Robson Zulcão Mello, Felipe Zanellato Coelho and João Luiz Calmon</i>	139
Analysis of concrete properties by incorporating wash water <i>Jeison Feltes, Marcelo de Melo, Daiana Cristina Metz Arnold and Adriana Teresinha da Silva</i>	149
The Thermal Influence of Envelopment in Naturally Ventilated Environments <i>Marlon Sérgio Manthay Oliveira, Izabela Oliveira Hofman, Edna Aparecida Nico-Rodrigues and Cristina Engel de Alvarez</i>	159
Heliodon's Use for the Development of Bioclimatic Architecture Projects in for the city of Araras, São Paulo - Brazil <i>Juliana M. A. do Nascimento, Helenice M. Sacht and Luís Bragança</i>	169
El uso de diseño paramétrico para la conformación de volúmenes de museos ambientalmente compatibles para el clima subtropical húmedo de Brasil <i>Laline Elisangela Cenci and Rodrigo García Alvarado</i>	179
Sustentabilidade em edificações na Região Metropolitana da Grande Vitória: Caracterização da amostra <i>André Magalhães Effgem, Aline Cuimbra Ribeiro, Nathalia Memelli Brandão, Wallason Fernandes Vieira, Aline Silva Sauer, Fabrícia Delfino Rembiski and Sandra Moscon Coutinho</i>	189
The influence of envelope variables on energy consumption in buildings in Vitória, Brazil <i>Ana Carolina Alves Bernabé, Ana Clara Alves Bernabé and Cristina Engel de Alvarez</i>	199
Viability for the use of foundry sand to reduce use of cement in cement concrete <i>Pedro Goecks, Cristina Eliza Pozzobon, Eduardo Rizzatti and Diorges Carlos Lopes</i>	207

Envelope assessment of university building on South Brazil reaching the eco-efficiency <i>Bianca Gasparetto Rebelatto, Marcos Antonio Leite Frandoloso and Rodrigo Carlos Fritsch</i>	217
Sustentabilidade em edificações na Região Metropolitana da Grande Vitória: Gestão de materiais de construção, resíduos e certificações ambientais <i>Daniela Paoli Thompson, Juliana Silva, Kevin Espicalski, Marina de SouzaRovetta, Natalia Correa Nunes, Aline Silva Sauer, Fabrícia Delfino Rembiski and Sandra Moscon Coutinho</i>	227
Uma proposta de diretiva ROHS Brasil: Exigências e desafios <i>Claudia Corrêa Torquato de Souza and Celso Romanel</i>	237
Estudo do comportamento mecânico de tijolos de solo-cimento cp-ii e solo-cimento cp-iii com fibra de sisal <i>Carolina Aquino Amador, Marina Monteiro Abreu Flecha Ferreira and Maruska Tatiana Nascimento da Silva Bueno</i>	245
Estudo de caso: Comparativo entre os orçamentos de uma escola urbana ou rural executada utilizando-se materiais convencionais e materiais não convencionais <i>Gabriel Vieira Lopes, Maria Luiza Oliveira Braga and Maruska Tatiana Nascimento da Silva Bueno</i>	255
A influência da tipologia da janela na iluminação natural: O caso da Estação Antártica Comandante Ferraz <i>Marina Silva Tomé, Daniela Pawelski Amaro Marins, Cristina Engel de Alvarez and Andréa Coelho Laranja</i>	265
Análise da aplicação de materiais de mudança de fase para armazenamento de energia em edifícios Portugueses <i>José Pinheiro, Catarina Araújo and Luís Bragança</i>	275
A iluminação natural no ambiente interno em função das aberturas <i>Indiara Maria Vieira Barbieri, Andréa Coelho Laranja and Cristina Engel de Alvarez</i>	285
Analysis of the Bernardo Mascarenhas Cultural Complex based on the criteria of sustainable development <i>Maria Teresa Barbosa, Claudia dos Reis Paiva and Daniel de Almeida Moratori</i>	295
Photovoltaic Powered Water System for an Indigenous Community in the Ecuadorian Amazon Rainforest <i>Parker Haerr, David Mulder, Tyler Peinado, Dhakshan Potuhera, Lonny Simonian and Paul Redden</i>	305
Rio de Janeiro's Flash Flood Warning System <i>Marlus Nilton de Oliveira, Cinthia Avellar Martins and Ricardo Marcelo da Silva</i>	313

Avaliação das propriedades de blocos de concreto intertravados, com estudo comparativo de misturas adicionadas de borracha de pneus inservíveis e resíduos de construção e demolição <i>Natália Barros Vianna de Oliveira, Paulo Henrique de Sousa Pereira and Jairo Furtado Nogueira</i>	323
Normative references and instruments for flexible housing design in Brazil <i>Raquel Regina Paula Barros and Vanessa Ingrid Leo</i>	333
Study of double windows efficiency in order to improve sound insulation in buildings <i>Marco Aurélio de Oliveira, Luís Bragança, Dinara Paixão and Jorge Luiz Pizzutti dos Santos</i>	343
Life cycle energy (LCEA) and carbon dioxide emissions (LCCO2A) assessment of roofing systems: conventional system and green roof <i>Julia Santiago de Matos Monteiro Lira and Rosa Maria Sposto</i>	351
Dificuldades na implementação do design builder no mercado brasileiro <i>Álvaro José Bremenkamp, Larissa Letícia Andara Ramos, Luciana Aparecida Netto de Jesus and Pedro Henrique Ribeiro Cortez</i>	361
The influence of the window in energy consumption A study in multi-family residential buildings <i>Filipe Galina Costalonga, Ana Karolina Marques de Oliveira, Edna Aparecida Nico-Rodrigues and Artur Moreira Rodrigues</i>	371
Electronic waste as coating for construction industry <i>Vanessa Koeler Gozzer, Giusilene Costa de Souza Pinho and Guilherme Pires Dalmaschio</i>	381
The housing in recycled container as an alternative to social housing: A comparative cost and productivity <i>Denise Aparecida de Souza and Giusilene Costa de Souza Pinho</i>	391
Contribution to Perturb and Observe Algorithm to Maximum Power Point Tracker for Photovoltaic Systems <i>José Alberto Nicolau de Oliveira and Leonardo Duarte de Albuquerque</i>	401
Analysis of Generation Photovoltaic Potential at NIPE Building <i>Paulo Henrique Breyner Saldanha de Oliveira, Jane Tassinari Fantinelli, Carla Kazue Nakao Cavaliero, Douglas Sermarini and Mauro Donizeti Berni</i>	411
Use of photovoltaic solar energy in built environments in accordance to NR 482/2012 and 687/2015 <i>Wemerson Rocha Ferreira, Wilson Pereira Barbosa Filho, Abílio César Soares de Azevedo, Antônio Henrique dos Santos, Lívia Maria Leite da Silva and Antonella Lombardi Costa</i>	419
The importance of vernacular strategies for a climate responsive building design <i>Jorge Emanuel Pereira Fernandes, Ricardo Mateus, Helena Gervásio, Sandra Monteiro Silva and Luís Bragança</i>	429

Chapter 2 - Nearly zero and positive energy built environments

A Portuguese study on building renovation towards a nearly zero energy building (nZEB) <i>Ana Mestre, Manuela Almeida and Muriel Iten</i>	441
Considerations on the energetic use of landfill biogas in MSW compactor-collector trucks <i>Luis Felipe de Azevedo Araujo, Tácio Mauro Pereira de Campos and Leonardo Augusto Lobato Bello</i>	449
Analysis and strategies on energetic efficiency <i>Lara Amorin Arthur and Alexandre Cypreste Amorim</i>	459
Bioclimatic architecture and energy savings of the urban housing in arid environments <i>Alejandra Kurbán, Mario Cúnsulo, Analía Alvarez, Eduardo Montilla and Andrés Ortega</i>	469
Daylight in the Museum: Luminance distribution study using HRD photographs <i>Maria Beatriz Piderit-Moreno, Camila Cáceres Lepin and Carolina Espinoza Sanhueza</i>	479
Sistema de cogeração de energia: O caso de uma indústria cerâmica <i>Viviani do Nascimento Souza Melotti, Gabriel Rigotti Alves de Deus, Aline Silva Sauer and Fabrícia Delfino Rembiski</i>	489
Inovação e integração de sistemas bioclimáticos em arquitetura para clima temperado: Perspectivas futuras <i>Fabrizio Tucci and Ingrid Fonseca</i>	499

Chapter 3 - The BIM concept applied to sustainable buildings and cities

The project performance simulation for more sustainable built environments and the Integrated Modification Methodology <i>Pedro Henrique Alves Negreiros and Gisele Silva Barbosa</i>	511
Building life cycle energy assessment on pre operation phase using BIM <i>Aline Medeiros Ferreira de Araujo and Sergio Fernando Tavares</i>	519
Interoperabilidade. Comparação entre os sistemas BIM e CAD <i>Argeu Leônidas Maioli Pretti, João Luiz Calmon and Cristina Engel de Alvarez</i>	529
Abordagem do BIM na produção científica brasileira: uma pesquisa bibliométrica <i>João Luiz Calmon, Marianne Cortes Cavalcante and Alberto Frederico Salume</i>	539
Life Cycle Assessment and Building Sustainability Certification Systems: Could Building Information Modelling tools ease this integration? <i>Cristiane Bueno and Marcio Minto Fabrício</i>	549
The use of BIM for the sustainable design <i>Bárbara Holzmann Mass, Sergio Scheer and Sergio Fernando Tavares</i>	559

Analysis and simulation of energy efficiency on platform BIM: A systematic literature mapping <i>Fernando Márcio de Oliveira and Leonardo Salazar Bittencourt</i>	569
Sustainable retrofit based on BIM <i>Laura do Carmo Baumgratz de Paula Larivoir</i>	579
Chapter 4 - Training and education to promote adoption of sustainable approaches	
Desenvolvimento de ferramenta para aplicação do conceito de projeto para manutenção no processo projetual <i>Isabela Stiegert and Marcos Martins Borges</i>	591
Proposición y potencial sostenible del Vídeo Poster Científico <i>Miguel Angel Tobias Martinez, Maria do Carmo Duarte Freitas, Avanilde Kemczinski, Francisco Daniel Costa and Livia Regina Nogueira Santos</i>	601
Centro Sociocultural da Vila Planalto em Brasília: participação comunitária no projeto visando as dimensões da sustentabilidade, ambiental, social, econômica e cultural <i>Debora de Boni Lima and Liza Maria Souza de Andrade</i>	611
Experiences and Sustainable Practices with the Elderly <i>Maria do Carmo Duarte Freitas, Rafaela Wille de Aguiar, Joana Gusmão Lemos, Murilo Kenji Cardoso, Rodrigo Eduardo Botelho-Francisco and Daniel Silva Paixão</i>	621
Avaliação da iluminação natural da casa popular eficiente da UFSM por simulações computacionais <i>Matheus Cargnelutti de Souza, Giane de Campos Grigoletti and Marcos Alberto Oss Vaghetti</i>	631
Isolamento a sons aéreos - NP EN ISO 16283-1 2014 procedimento geral vs procedimento de baixa frequência <i>Paulo Silva and Luís Bragança</i>	641
Análise Bioclimática em Arquitetura Modernista na Universidade de Brasília <i>Christine Pinto Lucas and Marta Adriana Bustos Romero</i>	651
Gravimetric Analysis as an Environmental Education Tool at the Polytechnic School of the University of Pernambuco <i>Juan Devyson Jose Camilo da Silva, Juliana Ferreira Bezerra Moccock, Bárbara Virginia Pereira Cavalcanti and Emilia Rahnemay Kohlman Rabbani</i>	661
Technologies to support methodological and management processes of video posters and/or video papers on technical-scientific events <i>Maria do Carmo Duarte Freitas, Avanilde Kemczinski, Daniel Cebrián Robles and Francisco Daniel Costa</i>	671
Aplicação de novas metodologias no curso de engenharia civil da UFES <i>Letícia Soares Rabbi Siqueira, João Luiz Calmon and Karla Moreira Conde</i>	681

Ensino da concepção arquitetônica bioclimática com auxílio de maquetes físicas e heliodon <i>Aline Silva Sauer, Sandra Moscon Coutinho, Flávia Moura de Mello and Jorge Luiz C6</i>	691
Cenário da reciclagem e reuso de resíduos da construção e demolição em Natal, RN – Brasil <i>Regina Lúcia Guimarães Nobre, Natalia dos Santos Mabel Oliveira, Taluane Balbino Araújo, Sergio Ricardo Costa Pereira, Vitor Ferreira Rêgo and Debora Nogueira Pinto</i>	701

VOLUME II

Chapter 5 - Sustainability assessment tools

Smart Cities: Selection of Indicators for Vitória <i>Carolina Simões Rocon and Cristina Engel de Alvarez</i>	713
Decision making process assisted by Life Cycle Assessment: Greenhouse gas emission <i>Ludimilla de Oliveira Zeule, Laís David Vinhal, Sheyla Mara Baptista Serra and Douglas Barreto</i>	723
Water sustainability assessment for the region of Curitiba <i>Caroline Oliveira de Castro, Óliver Cristian Santos Loureiro, Andreia Vieira Santos, Juvancir Silva and William Bonino Rauen</i>	733
Estrategias de diseño pasivo con luz día en cuartos de hospitalización doble <i>Lina J. Zapata-González and Maria Beatriz Piderit-Moreno</i>	743
Indicadores de Sustentabilidade em Balneários Suburbanos no Estado do Espírito Santo <i>Márcia Bissoli-Dalvi, Carolina Castilho Vizeu, Caroline Proscholdt Zamboni, Renata de Castro Vieira and Cristina Engel de Alvarez</i>	753
New tools for sustainable urban land regularization in permanent preservation areas: The 11.977/09 Brazilian Law Implementation <i>Bruna Pimentel Cilento, Julia Lopes da Silva, Laura Machado de Melo Bueno and Patricia Rodrigues Samora</i>	761
Assessing sustainable urban densification using geographic information systems <i>Natasha Cabrera-Jara, Daniel Orellana and M. Augusta Hermida</i>	771
Development of a retrofitting tool for classrooms <i>Manuel Alejandro Inostroza Pinares, Jeremy Michael Piggot Navarrete and María Beatriz Piderit-Moreno</i>	779
O SBTTool como base conceitual para retrofit de edifícios multifamiliares <i>Rhaina Fornaciari, Márcia Bissoli-Dalvi and Cristina Engel de Alvarez</i>	789

Construction of indicators systems tool for making decision to related stormwater management problems <i>Sidnei Pereira da Silva and Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira</i>	799
Proposta de Aprimoramento da ferramenta ISMAS - Estudo de Caso: Madeira Plástica <i>Márcia Bissoli-Dalvi, Caroline Proschholdt Zamboni, Carolina Castilho Vizeu, Mirna Elias Gobbi and Cristina Engel de Alvarez</i>	809
Análise da implantação do selo casa azul em edifício residencial multifamiliar <i>Ghérsika Barcelos Carrara, Miria Souza Pimentel, Thiara Lourett Neves, Aline Silva Sauer and Fabrícia Delfino Rembiski</i>	819
A conceptual model for sustainable development assessments <i>Juvancir da Silva and William Bonino Rauen</i>	829
The ASUS tool as a conceptual basis for proposing the inclusion of the sustainability concept in the formation of the Architect and Urbanist <i>Pâmela Pegoretti, Kamila Zamborlini Waldetario and Cristina Engel de Alvarez</i>	837
Integration of Experimental and Simulation Computer Fluid Dynamics to Improve Natural Ventilation in Buildings for Hygrothermal Comfort and Energy Savings <i>José Roberto García Chávez</i>	847
New geo-tools for urban studies <i>Daniel Orellana, Mateo Neira, María Laura Guerrero, Priscila Samaniego and M. Augusta Hermida</i>	857
The use of SBTool on public procurement: Challenges and opportunities <i>Marcia Castilho Correia, Monica Santos Salgado and Luís Bragança</i>	867
Influência das fontes de dados nas emissões de CO ₂ e no indicador de mudanças climáticas da indústria cimenteira brasileira <i>Pedro Cesar M. A. Abrão, Daniel Costa Reis and Vanderley M. John</i>	877
Impacto ambiental dos edifícios - Cenários França e Brasil <i>Laura do Carmo Baumgratz de Paula Larivoir and Pedro Kopschitz Xavier Bastos</i>	887
The trivialization of the sustainability in the civil construction <i>Bruna de Biase Pinheiro and Jessica Marins Piazzarollo</i>	897
Indicadores de desempenho ambiental de edificações: revisão da literatura <i>Eduardo Werneck Senger and Sérgio Fernando Tavares</i>	907
Tools for assessing sustainability in urban settlements: Case study of the Metropolitan Center neighborhood, Rio de Janeiro, applying the LEED ND environmental certification <i>Bianca Marinho Quintella Borges Soares</i>	917
Índices de CO ₂ para materiais de construção em edificações brasileiras <i>Sergio Fernando Tavares and Luís Bragança</i>	927

Instruments for Environmental Management: A Focus on Sustainable Innovation <i>Wilson Pereira Barbosa Filho, Abílio César Soares de Azevedo, Wemerson Rocha Ferreira, Antônio Henrique dos Santos and Livia Maria Leite da Silva</i>	937
An assessment of the CASBEE sustainability certificate in the context of Brazilian urban projects <i>Rafael Carvalho de Souza, Luciene Eveline Semedo Vaz and Ana Lúcia Torres Seroa da Motta</i>	947
Sustainable building: assessment tool in Brazil <i>Bruna Farhat Matos, Maria Teresa Barbosa, Maria Manuela Almeida, Camila Condorelli, Julia Furtado and Leander Braga</i>	955
Water loss indicators used in public water supply services in Brazil: Literature research and review <i>Edumar Ramos Cabral Coelho and Saulo Biasutti</i>	963
Eficiência de proteções solares horizontais externas para a latitude da cidade de São Paulo <i>Matheus Tonelli Santos, Maria Akutsu and Adriana Camargo de Brito</i>	973
Critical overview of urban sustainability assessment tools <i>Erika Guimarães, José Amarilio Barbosa and Luís Bragança</i>	983
The latest ISO 14001:2015 and its contribution to Sustainable Construction <i>Maria Livia Costa, Asher Kiperstok and Sandro Fábio Cesar</i>	993
Análise comparativa entre ferramentas de certificação ambiental relacionadas ao uso e gestão da água <i>Celso S. Bastos and Thais A. Rebello</i>	1003
Analysis methodologies fitness assessment of residential project sustainability for context Maceió - AL <i>Marcelle Maria Pais Silva Rebêlo and Gianna Melo Barbirato</i>	1013
Processo de Etiquetagem de Edificações (PBE Edifica): Uma revisão <i>Regiane Faria Giacomini and João Luiz Calmon</i>	1023
Brazilian building evaluation through reverse analysis based on environmental rating systems: a case study <i>Mônica Santos Salgado, Carolina Mendonça da Silva and Marco Aurélio Bittencourt Cunha</i>	1033
Chapter 6 - Adaptation of cities and buildings to climate changes	
Edificações verticalizadas e efeitos associados às condições térmicas em Belém, Pará <i>Andrezza de Melo Barbosa, Lucieta Guerreiro Martorano and Virginia Mansanares Giacon</i>	1045

Integrated system for energy optimization and reduction of building CO ₂ footprint <i>Ernesto Echeverría Valiente, Flavio Celis D'Amico, Fernando da Casa Martín, Manuel de Miguel Sánchez, Patricia Domínguez Gómez, Ignacio Delgado Conde, Alvaro Mozas Santander, Kevin Moreno Gata and Juan Manuel Vega Ballesteros</i>	1053
A influência da inércia térmica nas paredes externas em clima quente: uma revisão sistemática <i>Auriele Mazer Marques Silva, Ivan Julio Apolonio Callejas and Luciane Cleonice Durante</i>	1063
Analysis of the acoustic, thermal and luminous performance at the Instituto Federal de Minas Gerais (Federal Institute of Minas Gerais) – Santa Luzia <i>Luana Nolasco Rizzi Leles Ribeiro, Fernanda Fonseca de Melo Coelho and Wemerton Evangelista</i>	1073
Ventilação natural em escritório no Rio de Janeiro-RJ: Análise e propostas para o edifício Barão de Ladário <i>Marco Antonio Lacerda and Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos</i>	1083
Mudanças climáticas e patrimônio arquitetônico: Sítio histórico de Santa Leopoldina [ES] <i>Luciana da Silva Florenzano and Renata Hermann de Almeida</i>	1093
Climate Change Adaptation Plans in Latin American Cities <i>Bárbara César Barros and Ângela Maria Gabriella Rossi</i>	1103
Casa sustentável: Projeto residencial popular ecoeficiente <i>Fernanda Lorena Rabelo Oliveira, Daiany Larissy da Silva Padilha, Yngrid Araújo, Loïc Cochand, Othon Fernandes Fagundes and Debora Nogueira Pinto</i>	1113
Sustentabilidade no planejamento urbano: ilhas de calor <i>Ricardo Henrique Reginato Quevedo Melo, Evanisa Fatima Reginato Quevedo Melo, Rodrigo Henrique Reginato Quevedo Melo, Francisco Gerhardt Magro, Thiago Miranda dos Santos and Eduardo Madeira Brum</i>	1123
A seca e a desertificação e as mudanças climáticas em Cabo Verde <i>Luciene Eveline Semedo Vaz, Rafael Souza and Ana Motta Seroa</i>	1133
Chapter 7 - Mitigation of impacts in urban areas	
Traffic Quality Index to intersections considering fuel efficiency <i>Fabianne Miranda Aguiar, Marta Monteiro da Costa Cruz, Gregório Coelho de Moraes Neto and Adelmo Inacio Bertolde</i>	1143
Noise impact of urban mobility changes: Charitas tunnel case study <i>Sergio Portela Prange and Julio Cesar Boscher Torres</i>	1153

De basural a parque urbano; propuesta de regeneración urbana para la mitigación de impactos generados en la gestión de residuos en la ciudad de Coronel, Chile <i>Carolina Catrón Lazo and Ricardo Azócar Ulloa</i>	1163
Project guidelines for construction of biodigesters in poor communities in Brasil <i>Lizelda Maria de Mendonça Souto, Viviany Nogueira, Emilia Rahnemay Kohlman Rabbani, Ana Rita Drummond and Sergio Peres</i>	1173
“Green Ports” and the Port of Santos <i>Bianca Lima Pereira, Eneias Santos da Silva, Tuani de Godoy Ferreira and Adilson Luiz Gonçalves</i>	1183
Occupancy patterns and building performance. Developing occupancy patterns for Portuguese residential buildings <i>José Amarílio Barbosa, Ricardo Mateus and Luís Bragança</i>	1193
Green Roofs Storage of Rainwater Alternative Systems <i>Paula Gonçalves Sobreira, Adilson Souza Junior, Guilherme Schafer Maron, Plínio Corral de Freitas and Maria Tereza Pouey</i>	1201
The development and performance of plant species in Brazilian extensive green roofs <i>Adriane Cordoni Savi, Maria Isabel Seibel Reis and Sergio Fernando Tavares</i>	1211
As grandes cidades e os cemitérios urbanos: Análise comparativa do abandono dos edifícios altos nas cidades de Detroit, São Paulo e Johannesburgo <i>Amanda Coffi Andrade, Miguel Aloysio Sattler and Pablo Andrés Rangel Pacheco</i>	1221
O impacto do tráfego viário em sítios históricos urbanos: Avaliação em Santa Leopoldina - ES <i>Angélica Maria Fonseca Dornelas and Renata Hermannny de Almeida</i>	1231
Benefícios da captação de água pluvial para a gestão urbana de recursos hídricos <i>Livia Tavares Cosentino and Marcos Martins Borges</i>	1241
Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos em Vitória da Conquista – Bahia –Brasil <i>Mary Anne Assis Lopes de Oliveira</i>	1249
Chapter 8 - Contributions and consequences of urban landscaping	
Qualitative Analysis of Urban Tree Arborization in the Streets of São Carlos (São Paulo/Brazil) <i>Gustavo D’Almeida Scarpinella, Simone Cristina de Oliveira and Ricardo Siloto da Silva</i>	1259
A vegetação urbana como condicionante de mitigação de ilhas de calor <i>Brenda Alves Silva, Tatiana Camello Xavier and Cristina Engel de Alvarez</i>	1269

Arborização e sustentabilidade urbana: Revitalização da Praça Marechal Floriano, em Passo Fundo/RS <i>Tayana Brum Pires, Evanisa Fatima Reginato Quevedo Melo, Francisco Gerhardt Magro, Ricardo Henryque Reginato Quevedo Melo, Rodrigo Henryque Reginato Quevedo Melo and Janaine Gobb</i>	1279
Avaliação e Caracterização dos Espaços Livres no Campus de Goiabeiras/UFES (Brasil) <i>Gabriela da Conceição Bolssoni, Juliana Amaral Dias Vieira, Laryssa Teixeira de Aquino Hülle, Ricardo Nacari Maioli and Paulo Sergio de Paula Vargas</i>	1287
Estudo das áreas verdes e espaços de uso público em Vila Velha – ES <i>Suzany Rangel Ramos, Larissa Leticia Andara Ramos and Luciana Aparecida Netto de Jesus</i>	1297
The Sound of the Landscape - Prainha, Vila Velha, ES <i>Deborah Martins Zaganelli and Clara Luiza Miranda</i>	1307
Avaliação da contribuição da vegetação para a amenização de ruídos urbanos em praças <i>Vivian Albani, Leandro Camatta de Assis, Bruno Giorgio D'Alessandri Martins, Nayara Salera Malta and Bruna Bredofw Perim</i>	1315
Desenhando com a água no meio urbano - Padrões espaciais de infraestrutura ecológica e crescimento urbano inteligente <i>Liza Maria Souza de Andrade, Bruna Bacelar Pontes Melo and Angela Pereira Viana</i>	1325
Paisagismo e arquitetura através de Burle Marx <i>Aline Sampaio de Mello Guimarães</i>	1335
Avaliação Pós-Ocupação (APO) e conforto térmico em espaços públicos abertos na periferia da cidade de Salvador-BA <i>Neila Lima Branco, Rita Dione Araujo Cunha and Telma Cortsê Quadros de Andrade</i>	1345
Urban water environment intervention: Analyses of the urban-environmental interaction <i>Francisco José Cardoso and Laura Bueno de Melo Machado</i>	1355
Environmental justice and landscape: Urban rivers in question <i>Ivaldo Lima</i>	1365
Conforto ambiental: Praça Tamandaré na cidade de Passo Fundo – RS <i>Evanisa Fatima Reginato Quevedo Melo, Janaine Gobb, Tayana Brum Pires, Shauane Manfro, Ricardo Henryque Reginato Quevedo Melo and Rodrigo Henryque Reginato Quevedo Melo</i>	1373

VOLUME III

Chapter 9 - Urban planning for sustainable communities

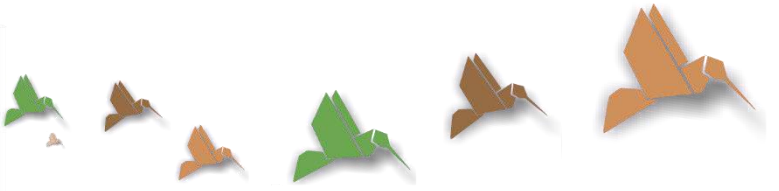
Historic relationship between urban dwellers and the Tomebamba River <i>Pablo Osorio, Mateo Neira and M. Augusta Hermida</i>	1385
Diagnosis of occupation at Itapemirim river marginal areas <i>Tainah Virgínia Cypriano Penna and Eneida Maria Souza Mendonça</i>	1395
Life Cycle Assessment of Electric Vehicle Considering Locally Generated and Stored Energy <i>Luiza Diniz de Oliveira Câmara, Tina Dettmer, Patricia Edge and Celso Romanel</i>	1405
Residências sem afastamentos laterais e luz natural: Um estudo de caso <i>Ana Paula Machado de Castro and Érica Coelho Pagel</i>	1415
Urban metabolism and food flows: The municipality of Feliz, State of Rio Grande do Sul, Brazil <i>Eugenia Aumond Kuhn, Miguel Aloysio Sattler and Lucas Dorneles Magnus</i>	1425
Avaliação do PMCMV pela metodologia “Sustentabilidade e Qualidade da Forma Urbana” <i>Maria Raquel Barbosa Duarte and Liza Maria Souza de Andrade</i>	1435
Sustentabilidade em foco: benefícios da implantação de uma obra de arte como alternativa de acesso <i>Ricardo Henryque Reginato Quevedo Melo, Evanisa Fatima Reginato Quevedo Melo, Rodrigo Henryque Reginato Quevedo Melo and José Humberto Quevedo Melo</i>	1445
Fischer River catchment urban flooding - mitigation and participatory management <i>Teresa Lindoso and Luciene Pimentel da Silva</i>	1453
New urban and neighborhoods: From theory of practice in Brazilian reality <i>Vanderlei Fabiano G. do Monte, Cristiano Capellani Quaresma and Rafael Barreto Castelo Cruz</i>	1463
A Inserção da Qualidade Ambiental Urbana no Conjunto Habitacional de Interesse Social Zorilda <i>Deize Sbarai Sanches Ximenes and Catharina Christina Teixeira</i>	1473
Design recommendations for residential neighborhoods of socio-environmental value <i>Karla Moreira Conde and Silvia Mikami Pina</i>	1483
The search for self-sustainability: the case of Campina community <i>Edilson Raimundo Silva and Simone Rosa da Silva</i>	1493

Elaboração de um mapa acústico na área central do Município de Frederico Westphalen, RS, Brasil <i>Alessandro Alves, Joani Paulus Covaleski, Angelica Vestena Baggio</i> <i>to and Gabriela Sturzbecher</i>	1501
Analysis of sustainability in the Brazilian housing production: The case of AP4 - Rio de Janeiro <i>Andrea Borges de Souza Cruz, Mauro César de Oliveira Santos, Adriana Fiorotti Campos and Daniella Amorim Gomes</i>	1511
Planejamento sustentável aplicado ao eixo do rio Tietê <i>Felipe Madio Oliveira and Deize Sbarai Sanches Ximenes</i>	1521
Outdoor ventilation and urban planning: comparative study between climatic measurements and CFD simulation <i>Fabiana Trindade Da Silva, Elisa Velentim Goulart, Cristina Engel de Alvarez and Neyval Costa Reis Jr.</i>	1531
Sustentabilidade e Projetos urbanos: a interação da forma urbana com a dinâmica social em países em desenvolvimento <i>Rafael Barreto Castelo da Cruz, Karin Regina de Casas Castro Marins, Fabiano Monte and Cristiano Capellani Quaresma</i>	1541
Comparative Analysis of urban efficiency in medium-sized cities through Hidricidade indicators <i>Giovana Ulian and Miguel Pino Quilodrán</i>	1551
Mapeamento temático e suas aplicações no planejamento urbano sustentável <i>Ricardo Henryque Reginato Quevedo Melo, Evanisa Fatima Reginato Quevedo Melo, Rodrigo Henryque Reginato Quevedo Melo and Francisco Gerhardt Magro</i>	1561
Household Waste Management: a preliminary assessment of urban planning solutions <i>Ricardo Tierno and Karin Regina de Casas Castro Marins</i>	1569
Patchwork of industrial neighborhoods around São Paulo core area: Case study <i>Adilson Costa Macedo, Gastão Sales and Maria Isabel Imbronito</i>	1579
Ecology and environment, an urban scale comparative study between contemporary and vernacular city of Nablus <i>Fajer Ali Al Tawayha, Luís Bragança and Ricardo Mateus</i>	1589
Hacia Ciudades Inteligentes en Latinoamérica <i>Andrea Karina Scremin Aquilino and Ângela Maria Gabriella Rossi</i>	1599
The Sound of the Landscape: through downtown plazas of the city of Vitória, ES <i>Deborah Martins Zaganelli and Clara Luiza Miranda</i>	1609
Urban Housing as Possibilities of Sustainable Communities <i>Rosa Maria Locatelli Kalil and Adriana Gelpi</i>	1619

Urban housing design by the Educandos Igarape, in Manaus, AM <i>Raquel Regina Martini Paula Barros and Marina Zappia de Santana</i>	1629
Comparative assessment of sustainability strategies applied to urban neighbourhoods in Brazil, Germany and Sweden <i>Karin Regina de Casas Castro Marins</i>	1639
Impact of greywater reuse on domestic wastewater flow rate in a multi-storey building in Brazil <i>Karolyna Costa Aguiar and Ricardo Franci Gonçalves</i>	1649
Chapter 10 - Sustainable urban mobility and accessibility	
Comparative analysis of factors affecting the cyclists' route choice <i>Isabel Cristina Nunes de Sousa and Suely da Penha Sanches</i>	1661
The construction of Walkability Index in Cambé City - Paraná - Brazil <i>Monica Cristina Nishikawa Motomura, Larissa Casaril da Fontoura and Milena Kanashiro</i>	1669
The role of the government in the implementation of accessibility on sidewalks <i>Amabeli Dell Santo, Marília Oliveira Soares and Mateus Bernardo Scussulim Saloto</i>	1677
Transportation Systems and Land Use Planning: The Case of the Metropolitan Region of Rio de Janeiro <i>Bernardo Serra and Ângela Maria Gabriella Rossi</i>	1687
Verificação do Desempenho Acústico de Pavimentos em CPA na rodovia BR158 <i>Alessandro Alves, Gabriela Sturzbecher, Joani Paulus Covaleski and Bibiana Zandoná</i>	1697
Desenvolvimento orientado do trânsito no novo contexto da participação do cidadão <i>Pedro Henrique Alves Negreiros and Gisele Silva Barbosa</i>	1707
Proposal of a Social Index for Sidewalk Quality in Large Brazilian Cities <i>Livia Brigagão, Jean Marcel Faria Novo and Celso Romanel</i>	1715
Índice de qualidade de calçadas: em cidade média <i>Vanessa Tibola Rocha, Luciana Londero Brandli, Rosa Maria Kalil Locatelli, Pedro Pietto and Cristiane Tiepo</i>	1725
A Sustainable Mobility Index to Assess the Public Transport Quality in the City of Rio de Janeiro <i>Alexandre de Oliveira Brandão, Jean Marcel de Faria Novo and Celso Romanel</i>	1733
Infrastructure for accessibility at university campus <i>Adriana Gelpi, Rosa Maria Locatelli Kalil, Wagner Mazzeto de Oliveira and Nelita Pretto</i>	1743

What is the most efficient type of transport for your city – Study case of Rio de Janeiro city <i>Frederico Delphino Fenerich</i>	1753
O Sistema Aeromovel como Proposta de Extensão da Linha 4 do Metrô do Rio de Janeiro (Barra da Tijuca) <i>Ricardo Atta Abrahão, Fernando Luiz Cumplido Mac Dowell da Costa and Celso Romanel</i>	1759
A percepção do Conforto e da Segurança das ciclovias e ciclofaixas em Vitória-ES (Brasil) a partir de seus usuários <i>Malena Ramos Silva, Jordano Francesco Gagno de Brito, Júlia Leal Rabello and Cristina Engel de Alvarez</i>	1767
Mobilidade urbana sustentável e acessibilidade: Estratégias de infraestrutura verde para reabilitação do centro de Vitória-ES <i>Daniella do Amaral Mello Bonatto and Larissa Rangel</i>	1777
Chapter 11 - Governance and strategies for a sustainable built environment	
LEED Certification and the new Standard of Sustainable Construction in Colombia <i>Andrés Peláez Ospina, Alexander González Castano and Laura Marín Restrepo</i>	1789
Socioeconomic study of domestic water consumption in the Federal District, Brazil <i>Daniel Sant'Ana</i>	1799
Assessment criteria for the level of integration of urban water and land use management <i>Ana Paula Justi and William Bonino Rauen</i>	1809
Relevance of embodied energy on building retrofit assessment <i>Manuela Almeida, Ricardo Mateus, Marco Ferreira and Ana Rodrigues</i>	1819
The influence of glazed balconies in the thermal comfort in an urban tropical region <i>Érica Coelho Pagel, Cristina Engel de Alvarez and Neyval Costa Reis Júnior</i>	1829
Sustentabilidade em edificações na Região Metropolitana da Grande Vitória - Gestão de água e de energia <i>Luana Bermond Marques, Ingrid Pizetta Dias, Livia Romano Brocco, Carolina S. Silva, Aline Silva Sauer, Fabrícia Delfino Rembiski and Sandra Moscon Coutinho</i>	1839
Selective Demolition of Buildings as Sustainable Strategy <i>Andreia Moreira Martins, Daniel da Costa Reis and Márcio Minto Fabrício</i>	1849
Application of the "ladder of citizen participation" to the analysis of the São Paulo Master Plan revision process <i>Rafael Barreto Castelo da Cruz, Flavia Mendes de Almeida Collaço and Karin Regina de Casas Marins</i>	1859

Analysis of the Portuguese building retrofitting market <i>Catarina Araújo, Manuela Almeida and Luís Bragança</i>	1869
Standardization of water loss indicators in water supply services: The experience of regulatory agencies in Brazil <i>Edumar Ramos Cabral Coelho and Saulo Biasutti</i>	1879
Integrated Management of Urban Solid Waste in Municipality of Paty do Alferes <i>Isabela da Rocha Santos Vieira Muniz</i>	1887
Intervenções urbanas em áreas portuárias desativadas, com bases sustentáveis: Projeto Parque Das Nações, Lisboa <i>Mariana Altoé Maciel and Emanuella Sossai Altoé</i>	1897
Análise da aplicação das Políticas Públicas Urbanas Brasileiras como instrumentos para o planejamento sustentável das cidades <i>Giovana Ulian, Miguel Pino Quilodrán, Fabio Scopel Vanin and Mirian Lacerda Brito</i>	1907
Impactos energéticos e econômicos de medidas de eficiência energética em projetos de HIS <i>María Andrea Triana Montes, Roberto Lamberts and Paola Sassi</i>	1917
Urban sustainability and mobility in São Paulo city's 2002 and 2014 master plans. A comparative analysis <i>Beatriz Martins Arruda, Erika Soares Carvalho Vilela, Patricia Rodrigues Samora and Luiz Augusto Maia Costa</i>	1927
Sensitive approach to slum upgrading process: The case of Vale dos Guedes <i>Laura Santos Granja and Letícia Maria de Araújo Zambrano</i>	1937
A evolução do marketing da sustentabilidade no mercado imobiliário do Espírito Santo <i>Márcia Bissoli-Dalvi, Mariany Abreu de Oliveira, Suelem Bertollo Marques and Cristina Engel de Alvarez</i>	1947
Análise de qualidade ambiental do novo modelo integral de escola no Espírito Santo: Programa "Escola Viva" <i>Pedro Henrique Ribeiro Cortez, Luciana Aparecida Netto de Jesus, Larissa Leticia Andara Ramos and Álvaro José Bremenkamp</i>	1957
Escolas e Sustentabilidade: Projetando estratégias para uma arquitetura mais sustentável <i>Alessandra Bonotto Hoffmann Paim, Amanda Coffi Andrade, Desireé Kuhn, Miguel Aloysio Sattler and Thaís Stumpf Trezn</i>	1967
Hospital ambience: Qualification of spaces and perception and environmental awareness <i>Cristiane N. Silva and Leonardo A. Ferreira</i>	1977
Building environment construction studies in Brazil <i>Luci Ines Bassetto, Maclovia Correa da Silva and Eloy Fassi Casagrande Junior</i>	1987
Life cycle energy assessment of a light steel framing house in Brasilia city <i>Lucas Rosse Caldas, Júlia Santiago de Matos Monteiro Lira and Rosa Maria Sposto</i>	1997



Chapter 9

Urban planning for sustainable communities

SBE16 Brazil & Portugal
Sustainable Urban Communities towards a Nearly Zero Impact Built Environment
ISBN: 978-85-92631-00-0



Historic relationship between urban dwellers and the Tomebamba River

Pablo Osorio

Universidad de Cuenca, Departamento de Espacio y Población, LlactaLAB – Ciudades Sustentables, Cuenca, Ecuador.

pablosorio@gmail.com

Mateo Neira

Universidad de Cuenca, Departamento de Espacio y Población, LlactaLAB – Ciudades Sustentables, Cuenca, Ecuador.

mateo0719@gmail.com

M. Augusta Hermida

Universidad de Cuenca, Departamento de Espacio y Población, LlactaLAB – Ciudades Sustentables, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Cuenca, Ecuador

augusta.hermida@ucuenca.edu.ec

ABSTRACT: Accessibility to water sources has played a decisive role in the location and growth of human settlements, fulfilling a key role in the historical development of cities, as in the case of Cuenca, where the Tomebamba River defined its foundation place. Recent urban development has weakened the relation between cities and their rivers, and it is urgent to rediscover the potential of rivers and their banks in the urban fabric, not only as generators of urban biodiversity, but as a public space that contributes to social resilience and builds urban identities. This paper studies the historic relationship between urban dwellers and the river, in 1.5km of the Tomebamba River that runs in front of the Historical Centre of Cuenca, through uses and perceptions of its users. A series of semi-structured interviews were explored using discourse analysis, word frequency, and spatial visualization, to reveal perceptions associated with places and space morphologies, and how they have changed through time. The results shows that historical use of this city place was related to production and leisure, having a strong relation to the river as a water source, whereas now production is no longer related to the river; instead, newcomers have occupied the space, promoting new uses in the river margins, having little to no relation with the water, modifying landscape perceptions and building new urban identities.

Keywords *riverbanks; waterfronts; landscape perceptions; social resilience.*

1. INTRODUCTION

The construction of identity related to resilience can be understood through human-environment relationships. By studying and exploring human behaviors, perceptions and spatial configurations, one can suggest socio-environmental improvements and better urban regeneration strategies (Cheshmehzangi & Heat, 2012). In this context, the study of the relationship of the city with its rivers is important because accessibility to water resources has played a key role in the location and growth of human settlements, being significant to the historical development of cities and the definition of the urban landscape.

Despite its importance, in many cities around the world the relationship between rivers and their cities has weakened (Novotny, 2009) so it is urgent to rediscover the potential of rivers and streams in the urban fabric (Beja da Costa, 2009) and its role as a public space capable of strengthening social resilience, understood as the ability of a group or community to recover or respond positively to a crisis (Maguire & Hagan, 2007).

In the case of Cuenca, rivers have played a key role in its development. This paper studies the historic relationship between urban dwellers and the river, in 1.5km of the Tomebamba River that runs in front of the Historical Centre of Cuenca, through uses and perceptions of its users. A series of semi-structured interviews were explored using discourse analysis, word frequency, and spatial visualization, to reveal perceptions associated with places and space morphologies, and how they have changed through time. The end goal of this work is to define the interrelation between morphology and perception, and the way it generates urban identities.

1.1 Historical context of Cuenca

Cuenca is located south of Ecuador, in the Andes, 470km south of the equator, at 2.530 meters above sea level. Four rivers run through the city: Tomebamba, Yanuncay, Tarqui and Machángara. The Tomebamba River has its headwaters in the Cajas National Park, a moorland and wetland ecosystem that contributes to the water recharge, providing high quality water for cities in the Andean Highlands and parts of the coastal plain (Buytaert et al., 2006; Serra & Hermida, 2015). The city is located on an alluvial cone, in which three river terraces can be distinguished morphologically at different levels. The first, tallest of the three, corresponds to the hills of Cullca, north of the city. The second or middle terrace, is where the central part of the city is built, and the third and lowest, corresponds mostly to the southern bank of the Tomebamba River. The Yanuncay and Tarqui rivers run through the latter (Vicuña, 2000).

Cuenca and its predecessor settlements, Guapondelig and Tomebamba, have always maintained a close relationship with the water. The Spanish foundation took place in the Inca and Cañari city, on the intermediate fluvial terrace, north of the Tomebamba River. In 1947 the city expanded south of the riverbank, on the lower platform, with the implementation of the Urban Plan, by architect Gilberto Gatto Sobral. Since then, Cuenca has experienced expansive growth, passing from 288,29ha in 1950 to 7.248,23ha in 2010 (Hermida et al, 2015). Geographical corridors marked by rivers and streams determined this growth.

In 1982, through the Urban Development Plan of the city, local government showed interest in riverbanks (Jaramillo, 1982) situation that resulted, years later, in the generation and improvement of linear parks adjacent to the rivers. However, these spaces have not been resolved as part of a comprehensive network of urban green.

1.2 Urban identity and morphology

The importance of urban spaces for identity has been acknowledged since the 60's (Bernardo & Palma-Oliveira, 2016). Identity refers to the distinction between certain elements from the whole, its recognition as a separate entity (Lynch, 1960), however identity can also refer to the relationship between elements with another. Urban identity made up of different components; socio-economic structure, socio-cultural structure, built environment and urban image (Murzyn-Kupisz & Gwosdz, 2011; Yaldiz et al. 2014). The first two can be analyzed through perceptions and uses of space, while the last two can be summarized as spatial morphology. Accordingly, the identity in an urban environment is defined by space and the activities and events that take place.

Morphology refers to the relationships between different elements; it is based on the idea that "the way things are assembled matter" (Hillier, 1996). The morphology of a city is reflected in a hierarchy of different sub-centers or groups along various scales, from the city to the suburbs, organized around different economic functions (Batty, 2008). Urban morphology provides us with valuable information about the structural characteristics of a city; it gives insight into the structural origins and impacts of historical change on the chronological processes concerning the construction and reconstruction of a city (Ariza-Villaverde et al. 2013). Morphology can be studied through road network connectivity, buildings, and diversity of land uses, which provide information on urban patterns influenced by the growth of the city under various urban plans and regulations and different socio-economic contexts.

The urban environment is characterized by the embodiment of certain kinds of identities in space, while space is dematerialized into non-discursivity and therefore into identity and culture (Hillier, 1996). Consequently the relationship between human behavior and perception with the urban environment can be studied; this relationship is linked to memory, culture, knowledge and emotions and generates urban identity.

2. METHODOLOGY

Historical maps, which identified changes in patterns of use and connectivity, were consulted to analyze the spatial morphology in relation to the Tomebamba River over time. References and historical texts, poems, and songs about the Tomebamba River, that provided important information regarding uses through history, were also reviewed.

Semi-structure interviews were employed to obtain information about the historical and current perceptions of the Tomebamba River. The historical perception had two types of informants: town historians and elders (70-85 years old) who lived their childhood, adolescence and youth by river Tomebamba. The current perception was also obtained with two types of informants: residents and users of the Tomebamba River, which are not necessarily the same people. The interviews were digitized, enabling their explorations through discourse analysis, word frequency and spatial visualization with Atlas.ti by QGIS.

The information obtained from interviews and its relation to the analysis of changes in the spatial morphology of the city over time, allowed looking at the historical and spatial context of the city in connection with activities linked to the Tomebamba River, providing knowledge to understand the relationship between uses and the configuration of the city over time.

3. HISTORICAL SPATIAL RELATIONSHIP OF CUENCA WITH THE TOMBAMBAMBA RIVER

3.1 Cuenca in the twentieth century

During the period 1900-1910, the axis of the Tomebamba River was the division between the consolidated and the expansion area of the city, called El Ejido. Two bridges served as entrances from the south and east of the city, basically intended for the use of pedestrians and carriages. In 1912, with the arrival of the first car, the planning and inhabiting of the city changed (Carpio, 1976).

In this period, the river was perceived by people as a means of sanitation of the city, sewage was transported by canals passing through the streets and flowed into the Tomebamba river (Vega, 1997), In addition, the height and abundant river flow were used by the population for productive purposes (Morales, 2011). From colonial times until the first decades of the twentieth century, the mills on the banks of the Tomebamba River started emerging and gaining importance in grinding wheat for flour production.

The banks were not considered as public spaces for leisure and recreation, yet close to them, on the south bank of the river, facilities, such as the hospital, the morgue and the nursing home, all of them public, had been installed (Albornoz, 2008). In this same bank the slaughterhouse had been built and used the river for the evacuation of its waste (Jamieson, 2003).

Between 1910 and 1930, the connectivity between the northern and southern riverbanks increased, with the construction of two new bridges: Mariano Moreno and Centenario (González & García, 2016). The buildings near the river began to have greater value so many of them were renovated and changed their traditional colonial style, to make way for the Republican; this happened in parallel with economic growth in the region, given by the export of toquilla straw hats, also known as Panama Hats (García & González, 2016). Each of these houses had secondary accesses that directly linked to the Tomebamba River (Figure 1). By 1930 the canals that moved sewage into the river were concealed (Vega, 1997) and at the same time, the number of hydraulic mills that were used for grinding wheat increased, transforming the area into the seed of the industrial region of Cuenca (Vega, 1997).



Figure 1. Map of Cuenca, 1930. Source: Albornoz, B. 2008.

Since 1950, the southern area of the Tomebamba River began to urbanize consolidating and increasing the connecting of the middle terrace to the lower one. Along the northern bank, streets emerge to join the east-west ends of the city (Carpio, 1976). A great river flooding, precisely on 1950, caused the destruction of three of the five bridges that crossed the Tomebamba. According to Carpio the local traffic was affected for several years. Together with bridges, the slaughterhouse was destroyed and later relocated downstream. Despite this event, the educational facilities, parks and public squares, and hospital were maintained and augmented in the southern area of Tomebamba River (Albornoz, 2008).

By the year 1970 (Figure 2) the green areas along the riverbanks became public spaces (Albornoz, 2008). Traditional building systems were replaced and consequently the materiality of the buildings in the area changed, allowing taller buildings of three or more floors (Carpio, 1976).



Figure 2. Map of the city of Cuenca (1974). Source: Albornoz, B. 2008

3.2 Cuenca in the twenty-first century

In this century, the largest investments were aimed at roads and automobile connectivity; underpasses were built on the southern riverbank. For non-motorized mobility three new footbridges were constructed (Zeas, 2013) and, on the northern bank, infrastructure for pedestrians and cyclists was built.

The use of the Tomebamba River as a production site was significantly reduced due to the disappearance of the mills. Traditional uses, such as "bathing" in the river and "trout fishing" were almost none and the presence of the washerwomen was maintained, although in a lesser degree (García & González, 2016. Novillo, 2010). Meanwhile, in view of the magnitude of the problem of contamination of the riverbeds by the discharge of wastewater, the public company in charge of water treatment of the city designed plans for its management.

The slope formed between the intermediate terrace (Historic Center) and the lower terrace, traditionally known as "El Barranco" does not lose its iconic character, it remains a quaint place suitable for cultural, artistic and sporting activities, also extending its use for night activities; with the presence of commercial premises, hotels, bars, restaurants, nightclubs, among others.

Due to the expansion of the city, the Tomebamba River is no longer a limit and has become part of the central urban area, where walking, wandering and sightseeing are daily activities for both locals and tourists that visit the city.

4. CHANGES IN THE PERCEPTION OF USERS OF THE TOMBAMBAMBA RIVERBANKS

In-depth interviews offer another look at the changes in the uses and perceptions that have occurred in the Tomebamba River over time. Keyword counts were made on the transcriptions of the interviews using Atlas.ti that revealed diachronic differences in the relationships of citizens with the river.

One hundred keywords that relate to four dimensions of the study were selected: uses of the Tomebamba river (26 words), perceptions (42 words), natural environment (11 words), and built environment (21 words). Different variations of these words between interviews that referred to the mid-twentieth century and the twenty-first century were recorded based on their relative frequency. As seen in Figure 3, there are differences in the presence of words in the two analyzed historical moments.



Figure 3: Keyword cloud. Comparison between mid-twentieth century and early twenty-first century.

4.1 Uses of the Tomebamba River

There are six words that show important differences between the two sets of interviews. In the mid-twentieth century: *swimming, fishing, eating and washerwomen*, while in the twenty-first century: *walking and sports*. The frequency of words indicates that uses of the Tomebamba River during the twentieth century were related to the water, with the exception of the word eating, while uses in the twenty-first century relate to the riverbanks. The word eating refers to picnics that were done frequently in the riverbanks in the twentieth century and is returning slowly today.

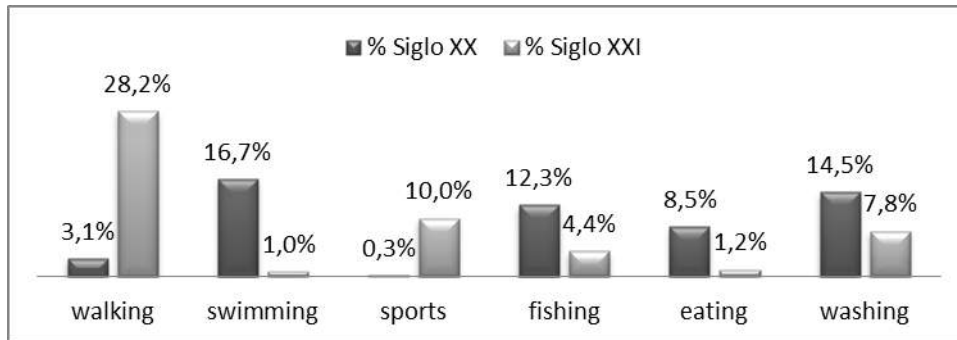


Figure 4: Tomebamba River use. Comparison of relative frequency of words between mid-twentieth century and early twenty-first century.

4.2 Perceptions associated with the Tomebamba River

The words associated with pleasure, dislike, safety and environmental sensations also show important differences. In the previous century words that refer to positive perceptions, such as *beautiful* and *like*, and others that refer to negative perceptions like *rubbish, horrible* and *danger*, stand out. The latter refers to the dangers related to natural phenomena such as flooding, not criminal activity. The words that predominate today are *safety* and *noise*. The first refers to the presence of criminal activities along the river that have been reported by respondents, and the second to motorized traffic taking place in the adjacent streets.

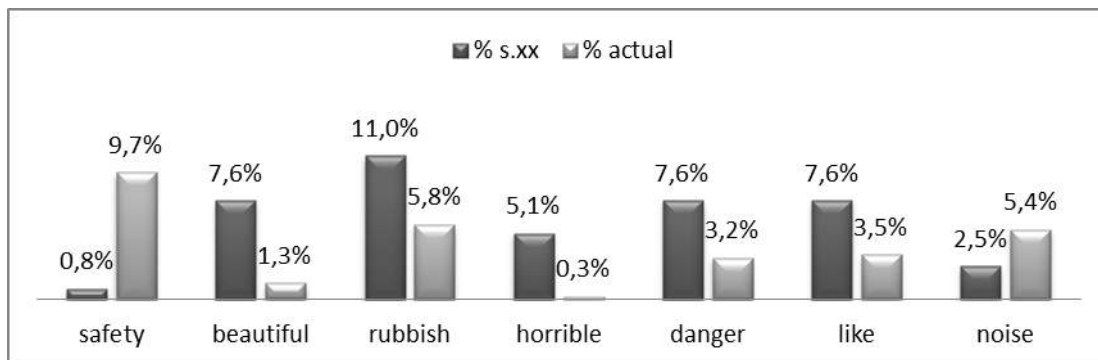


Figure 5: General perceptions of the Tomebamba River. Comparison between mid-twentieth century and early twenty-first century: relative word frequency.

4.3 Natural environment of the Tomebamba River

Four words contain the main contrasts in relation to the natural environment of the river. In the previous century words like *flooding*, *stones* and *deep-water* predominate, clearly linked to water and, particularly, with the riverbed. In contrast, today the word *riverbank* predominates. This opposition expresses a difference in the use of the river, before more related to water, and now more closely linked to the banks. In fact deep-water and stone refers to the practice of 'getting into the river', jumping from a high stone to deeper water areas.

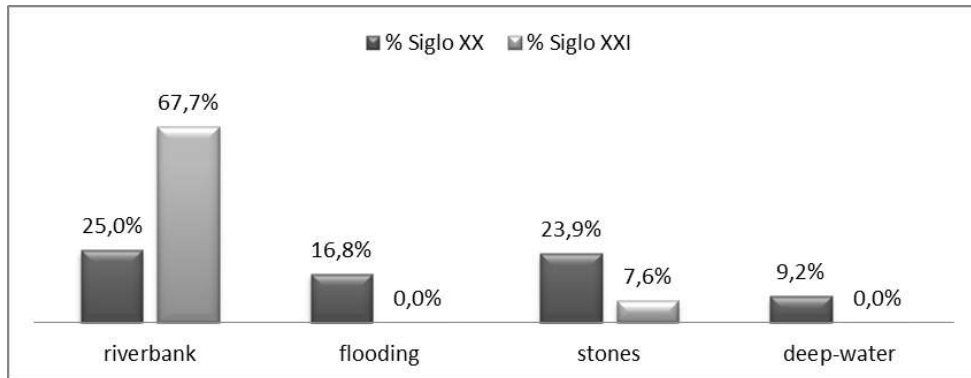


Figure 6: Perceptions on the natural environment linked to the Tomebamba River. Comparison between mid-twentieth century and early twenty-first century: relative word frequency.

4.4 Built environment and the Tomebamba River

The words that show more contrast in relation to the built environment are *mills*, *vado*, *parks*, *commerce* and *pedestrian paths*. In the twentieth century words like *mills* and *vado* were more present. The word *mill* refers to the use of the river as a means of production, providing energy by spinning stone mills that were used to grind wheat, barley and corn. The word *vado* is related to a representative place that connected the two riverbanks and was part of the road that transported people to the south of the country. Currently the words *parks*, *commerce* and *pedestrian paths* are present, all referring to activities that take place on the riverbanks or on the immediate environment, and even though *parks* and *pedestrian paths* existed in the previous century, its presence in the imagination of people is intensified today.

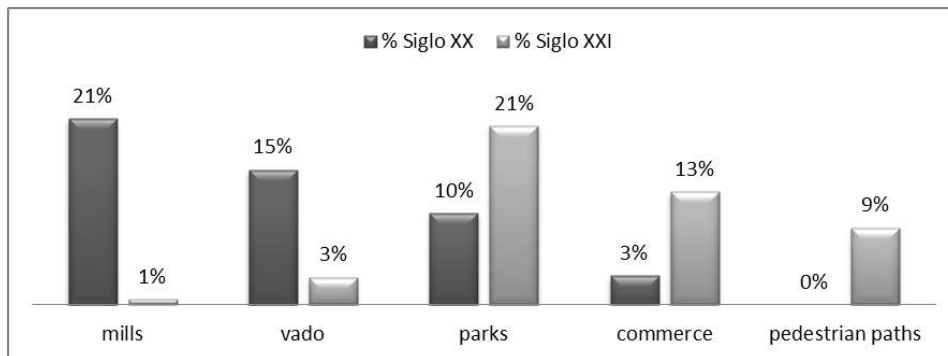


Figure 7: Perceptions on the built environment near the Tomebamba River. Comparison between mid-twentieth century and early twenty-first century: relative word frequency.

5. DISCUSSION AND CONCLUSIONS

The identity relationship of a city with its main river is close-nit, and the city of Cuenca is no exception. In both periods analyzed the river frames the city and becomes a highly valued element by its inhabitants. Access, parallel roads, bridges and green spaces that have been built around and on the river have contributed to greater relationship and sense of belonging of the city inhabitants. Therefore, we can say that the way in which the space around the river is 'built' is crucial to the way we relate to it and contributes in the construction of identity of the place.

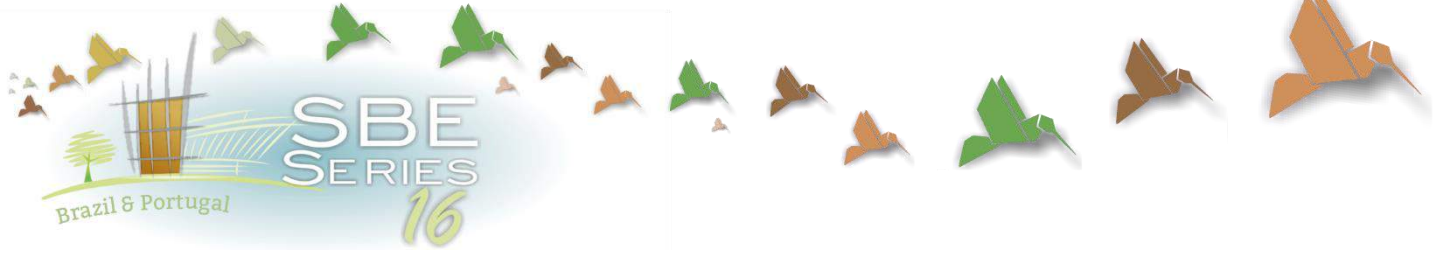
The main changes in perception regarding the river arise precisely through the uses it allows, and the uses that we allow ourselves in relation to it. In the mid-twentieth century the identity of the river was determined mainly by the water because of three considerations: first the water was a means of production that provided hydraulic power to move mills and generate electricity, and as a means of getting rid of solid and liquid of city; secondly the river was a fun space for bathing and collective games; and lastly there is the consideration of the river as a barrier, as a boundary separating the productive zone from the inhabited area, the rural from the urban. In contrast, at the beginning of the twenty-first century the identity of the river is determined mainly in the use given to its banks as a social meeting place between different people and for economic exchange.

The changes that public spaces like the Tomebamba River undergo cannot be understood isolated from its context. The production system of the city has changed from a subsistence agricultural model to one based on services and high value-added production. Public spaces are places of encounter and exchange of ideas and have a potential to increase the social capital and productivity of a city, a subject worth exploring in greater depth in future research.

REFERENCES

- Albornoz, V. B. (2008). *Planos e Imágenes de Cuenca*. Cuenca: Municipalidad de Cuenca.
- Ariza-Villaverde, A. B., Jiménez-Hornero, F. J., & Ravé, E. G. De. (2013). Multifractal analysis of axial maps applied to the study of urban morphology. *Computers, Environment and Urban Systems*, 38(1), 1-10.
- Batty, M. (2008). The size, scale, and shape of cities. *Science* (New York, N.Y.), 319(5864), 769-771.
- Beja da Costa, A. (2009). Design strategies for urban water systems: A case study of Sao Cristóvão in Rio de Janeiro. *Water and Urban Development Paradigms*, 197-205.
- Bernardo, F., & Palma-Oliveira, J.-M. (2016). Urban neighbourhoods and intergroup relations: The importance of place identity. *Journal of Environmental Psychology*, 45, 239-251.
- Buytaert, W., Céleri, R., De Bievre, B., Cisneros, F., Wyseure, G., Deckers, J., & Hofstede, R. (2006). Human impact on the hydrology of the Andean páramos. *Earth-Science Reviews*, 79(1-2), 53-72.
- Carpio, V.J. 1976. Las Etapas de Crecimiento de la ciudad de Cuenca, Ecuador. *Revista Geográfica* (84): 77 - 101
- Cheshmehzangi, A., & Heat, T. (2012). Urban Identities: Influences on Socio-Environmental Values and Spatial Inter-Relations. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 36(June 2011), 253-264.
- García, G. y González, M. (2016). Fotografía histórica y contemporánea, Herramientas para la valoración del Patrimonio, El caso el Barranco (Cuenca). *Trabajo de grado, Arquitectura*, Universidad Estatal de Cuenca.
- Hermida, A., et al., (2015), La densidad urbana como variable de análisis de la ciudad. El caso de Cuenca-Ecuador, *Revista Eure*, Vol. 41, N. 124.
- Hillier, B. (1996). *Space Is the Machine*. London: *Press Syndicate of the University of Cambridge*.
- Jamieson, R. (2003). *De Tomebamba a Cuenca, Arquitectura y arqueología colonial*. Ecuador: Universidad Estatal de Cuenca

- Jaramillo, C. (1982). Evolución histórica de la ciudad de Cuenca. *Revista del Instituto Geográfico Militar* (26), 117-137.
- Lynch, K. (1960). The Image of the City. *The M.I.T Press*, 1-103.
- Maguire, B., & Hagan, P. (2007). Disasters and communities: Understanding social resilience. *The Australian Journal of Emergency Management*, 22(2), 16-20.
- Morales, P. E. (2011). Dinámica cultural del barrio de todos santos desde 1950 hasta nuestros días. *Trabajo de grado, Licenciatura en la Especialidad de historia y geografía*, Cuenca.
- Murzyn-Kupisz, M., & Gwosdz, K. (2011). The changing identity of the Central European city: The case of Katowice. *Journal of Historical Geography*, 37(1), 113-126.
- Novillo, V. M. (2010). Estudio histórico y cultural de cuenca en el siglo xx (1920- 1980), a partir de la producción literaria de g. h. mata. *Trabajo de grado, Licenciatura en Ciencias de la Educación en la especialidad de historia y geografía*, Cuenca.
- Novotny, V. (2009). Sustainable urban water management. *Water and Urban Development Paradigms*, (May), 19-31.
- Serra-Llobet, A., & Hermida, A., (2015). *Green Infrastructure in Urban and Peri-Urban Areas of Developing Countries: a Case Study in Cuenca, Ecuador*. Landscape and Urban Planning. In review.
- Vega, M. (1997). *El Río Tomebamba en la Historia de Cuenca*. Cuenca: CIDAP
- Yaldız, E., Aydın, D., & Sıramkaya, S. B. (2014). Loss of City Identities in the Process of Change: The City of Konya-Turkey. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 140, 221-233.



Diagnosis of occupation at itapemirim river marginal areas

Tainah Virgínia Cypriano Penna

Federal University of Espírito Santo, Nucleus of Studies on Architecture and Urbanism, Vitória (ES), Brazil,

tainahcypriano@hotmail.com

Eneida Maria Souza Mendonça

Federal University of Espírito Santo, Nucleus of Studies on Architecture and Urbanism, Vitória (ES), Brazil,

eneidamendonca@gmail.com

ABSTRACT: Historically the Brazilian cities developed following waterways, however such rivers suffered a process of intense urbanization along the margins and without an truly effective planning, often serving as a place for waste disposal and foreign to the city life. From this relationship between man and nature which will define the transformations in the urban environment, where the city outline may generate harmonic or conflicting situations with the physical site, especially with the water in the territory. This article aims to analyse the ways of occupation in the bottom of Itapemirim river's valley in the urban area of Cachoeiro de Itapemirim and characterizes it for its affinities with the city and population. Therefore, will be described in general the area of Itapemirim river basin, also identifying its potentials and obstacles. The main change felt is the continuous loss of integration between the water resources and the urban area, emphasized by the environmental degradation in which it was subject and the privatization of the river margins, hindering the sighting and use as an admirable element.

Keywords *Urban rivers; Cachoeiro de Itapemirim; urban occupation; environmental impacts.*

1. INTRODUCTION

The municipality of Cachoeiro de Itapemirim is the main economic hub in the South of the State of Espírito Santo, it has an estimated population of 189.889 inhabitants according to the 2010 census. Its territory is totally within the Itapemirim river basin. The town developed along the river's banks in its last navigable point, from the river's mouth.

Changes in the natural environment are intrinsic to urbanization but the intensive and irregular occupation in the areas at the valley bottom caused several impacts on the water resource and also in man and nature relationship. The removal of the ciliary forest, the water contamination, the soil sealing besides the rivers bed change are facts that can generate changes in the water dynamics. So, through field research this paper tries to analyze the forms that the occupation of the valley bottom of Itapemirim river in Cachoeiro de Itapemirim's urban area.

The bibliography investigation tries a further theoretical-conceptual in relation to the object studied, analyzing authors that debate the main thoughts on the subject. Maps, figures, satellite images, old photos, found in government agencies files were examined besides existing reports and analyses.

Amorim & Cordeiro's (2004) methodology was used on the chosen object of study, which serves as a parameter to identify the relationship of the environment and the urban environment. Through this diagnosis, grants will be provided to find solutions to minimize the environmental impacts of urbanization and to sustainable development in valley bottom areas.

2. WATER COURSES AND URBAN AREAS

In Brazil, the formation of cities has the constant presence water bodies. The characteristics of the physical site and landscape were crucial to the emergence of urban nucleus. The rivers, streams and creeks by means of its ecosystem resources, were used as source of subsistence and circulation of people and merchandise, besides its main component – water – is an indispensable source for living beings. The rivers also keep in themselves aspects related to the place's memory and identity, and they perform a relevant cultural and environmental role.

From the 1950s, with the growth of industrialization and expansion of urban areas, the conflicts between development and the physical environment were added, causing several impacts on the water environment and a landscape disqualification process. This agglomeration in cities, the lack of a really effective planning and inefficient management, resulted in a quality loss process and great impact in the environment issues, with the water, air, soil and vegetation degradation (GORSKI, 2008).

In 50 years (1950 to 2000) there was an increase of 45% of the population living in urban areas, according to the Brazilian Institute of Geography and Statistic (IBGE), and according to the 2010 Demographic Census 84,35% of the Brazilian population lives in cities, in absolute numbers 160,879,708 people.

However, with the start of environmental discussions and the limits of exploitation of nature new issues and alternatives were proposed. The Brazilian Forest Code in Article 2, requires the allocation of the banks of water bodies with non-built lanes; they are called Permanent Preservation Areas (APP). This is a legal mechanism for protection of vulnerable environmental areas, such as rivers, springs, hill tops, steep slopes, marshes, plateaus and other. For the rivers, the APP's lanes are established by the width of the river's bed. Since their creation in 1965 the APP's had their limits increased on two occasions, in 1986 and in 1989 that are in force to today. These limits range from 30 to 500 meters from the river bed biggest part and around the springs a radius of 50 meters should be considered.

This impediment of any form of use and occupation of riverbank areas establishes a paradigm of confrontation, between the urban parameters and environmental parameters, as pointed by Mello (2008).

Thus, the first paradox underlying the theme is set: on the one hand, the multiple urban functions and the attraction that water bodies have on people; on the other hand, the legal device that prevents the formal occupation of the banks of water bodies in Brazil, aiming the preservation of its environmental functions (Mello, 2008, p. 39).

However, the legal provision that prevents the formal occupation on the banks of water bodies has also proven inefficient, for the management of water resources in cities transcends static view of preservation, as states Mello (2008).

Costa (2006) added that one of the major conservation factors is visibility, the more the water is hidden, the easiest to pollute and embank. The collective and equal ownership of these spaces is needed, so a feeling of belonging and social life is generated.

Addressing these paradigms, due to their complex character, assumes an urban sustainable development, as stated by Tucci (2008) aims to enhance the population's quality of life and environmental conservation.

It is also essential to integrate as quality of life is only possible in a conserved environment that caters to the population's necessity, guarantying harmony between man and nature (TUCCI, 2008, p. 97).

3. CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM URBAN DEVELOPMENT

Cachoeiro de Itapemirim is a municipality with its own life, industries, farms and trade that support itself. Moreira (2004) when referring to the city's evolution describes it as a simple trading post, a ranch troops, a humble port of canoes for loading and unloading of farmers, adventurers and mule drivers, which became a city, commercial hub, and then political state and a culture converging point (Moreira, 2004).

The village developed on the banks of Itapemirim, with colonization from upstream and vessels being forced to halt due to the rapids that hinder navigation, by Baiminas and on the north side, across from what should have been the Cement plant, currently disable. The first houses in the municipality were built and later on became an important economic hub, mainly due to the use of Itapemirim river as a as river transport for

passengers and to flow products such as timber, coffee, sugarcane, which were transported to the port of Barra (Caetano, 2014, p.25).

The 21 City's Agenda (2005) describes its economic development. During the sugar cane period Cachoeiro do Itapemirim did not develop a lot, remaining the same XVII Century settlement, when some pioneers tried to settle in the region aiming exploration of gold that supposedly existed in Castelo.

Only after 1850 with sugar decline, by its price national discrediting, Cachoeiro began to prosper due the agricultural expansion process, led by coffee that generated the wealth of that time.

Due to the great demand of coffee transport, Itapemirim river became insufficient, and to meet this need, Caravelas (1887), Leopoldina Railway (1903) e Estrada de Ferro Itapemirim (1926) were built, not only contributing but also transforming the natural landscape of the city. (CAETANO; DIAS, 2013, p.6)

Because of the facility of rail transport Cachoeiro absorbed Itapemirim River's economy becoming an urban center of high importance. According to historians, in 1902 the city was the third in the country and first in the state to have electricity by installing a power plant on the Island of Light.

During that period of agricultural expansion, the dynamics in rural properties always followed the same logic based in three stages: 1) deforestation with the sale of the noblest wood and cutting down of the remain wood (that was burned); 2) coffee planting taking advantage of the natural fertility of the soil, and 3) replacement of coffee plantation by pastures when the coffee crop was shown unproductive (AGENDA 21, 2005).

From the eighties to the present, the most resourceful branch of the city's economy is that of mineral extraction, classifying the municipality as The Capital of Marble and Granite. The consolidation of this segment, combined with the centrality gained between the nineteenth and twentieth centuries, reflecting on trade and service center, besides an expressive local industry, keeps Cachoeiro's economic momentum (AGENDA 21, 2005).

However, these same activities that boosted the city's economy are responsible for the environment degradation. According to agenda 21 Local (2005), these activities caused: removal of native vegetation, including the river sources and banks, soil degradation due to inadequate model farming, siltation and pollution of streams and Itapemirim River with pesticides, and especially domestic and industrial sewage. The disordered urbanization of the municipality and road construction is also another component in this disqualification process. Intense deforestation with the removal of riparian vegetation, the vegetation that there is on the river banks, and the irregular occupation of the slopes, together with land slope enhanced the process of erosion of the water body. Before navigable, the Itapemirim river today has an average depth of 1 meter and a half.

4. ASSESSMENT AND DIAGNOSIS OF VALLEY BOTTOM OCCUPATION IN CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM

According to Amorim (2004), there are different methods and techniques that can be used to investigate environmental impacts. From the research on these methods and techniques the author subsidized the elaboration of the methodology, in this instance, specific to the assessment of the occupation of urban valley bottoms.

Amorim & Cordeiro (2004) methodology was based in a preliminary research, where 12 environmental criteria were established, which tried to guide the planning of the occupations that border water bodies, involving, for example, recognition of the hydrologic cycle, stimulus to the occupation with compatible features to the possible occurrence of flooding, avoidance to soil sealing, maintenance of riparian forests, connecting green areas favoring biodiversity, consideration to the topography, avoiding modification of watercourses, encouraging the coexistence of the population and the aesthetic and landscape improvement. As a consequence, to these environmental criteria, 15 assessment parameters are generated having physical, biological or anthropic characteristics. These parameters give rise to evaluation forms, that have to be used in stretches of the bottom valley, with homogeneous characteristics of occupation. There are three columns on the forms: the first with the parameters and their subdivisions, the second with the score assigned to each parameter (5-1 point where number 5 is the ideal situation and the number 1 the worst situation), and the third column for meaningful comments. The parameters used in the assessment forms are: type of bottom of valley occupation, soil permeability, presence of native riparian vegetation, presence of reforested areas, interconnectivity, water quality of the watercourse, flooding and urban flooding, siltation of the watercourse, erosion of the banks of the watercourse, change in topography, change in the course water, concerns to the incident legislation, permeability of the river basin, degree of identification and appreciation by the population and aesthetics and landscape quality.

Amorim (2004) recommends that the filling in the forms must be done *in loco*, through observation and conversation with the locals, and that photographic diagnosis of excerpts be done. The author also advises on the use of additional information such as: maps, aerial photographs, data obtained from government agencies, etc. The result of the attained score with the assessment identifies the status of each area and point out the main potentials and obstacles. Also, you can check the proximity level between the scored parameters and the criteria, which are the reference for the desired sustainable development (AMORIM, 2004).

The choice of Amorim & Lamb method (2004), in addition to its easy implementation and low cost, is justified by the fact that the established parameters, present themselves in a clear and specific form. Junqueira (2008), when commenting on the method, adds that the parameters are as quantitative as qualitative. However, he notes that on the quantitative flexible measurements are not accurate and map able made, as on the definition of permeable areas and on the qualitative, as the aesthetic quality and landscape, there is a high degree of subjectivity (JUNQUERIA, 2008).

Amorim (2004), also identified the three main occupation typology of bottom of valley, found in Brazilian cities and systematized iconographic material for each one. Type 1 is

characterized by accentuated soil sealing, because of the absence of riparian vegetation, most of times, and by intense urban appropriation of the banks. Yet Type 2, soil sealing is smaller, and there are the green areas such as parks and recreational areas. Finally, Type 3, presents smaller negative impact on the environment, by presenting large presence of native forest, but difficult to adapt to urban areas (Amorim, 2004). But the author, to apply the method to the object of study, did not identify, for each assessed segment, the previously established typologies.

In this study, about Itapemirim river, some changes in the method were made. First, the urban area to analyze in Cachoeiro do Itapemirim was divided in ten sections of about 1000 meters. They were also marked marginal tracks about 100 meters from the bed of watercourses. This marking uses as reference the Brazilian Forest Code resolution.

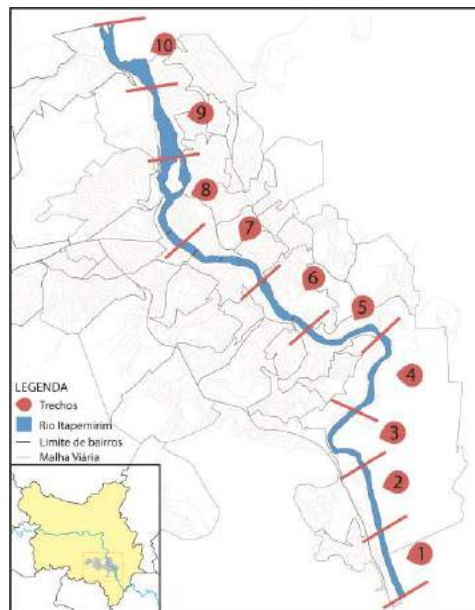


Figure 1. Limits of excerpts. Source: PDU, modified by the author.

Due to have adopted the field visit as technique for registration and examination of river Itapemirim valley bottom occupation by the municipal headquarter, the amount of parameters was reduced from fifteen to nine and specific occupation type for each segment was included, from the iconographic material proposed by Amorim (2004). Thus the seven parameters excluded, not possible to define correctly only from field trips are: water quality in watercourses, flooding and urban flooding, silting of the watercourse, erosion of the banks of the watercourse, alteration of the topography, permeability of the river basin, degree of identification and appreciation by the population. For the same reason, parameters three and four (presence of native forest and presence of reforested areas) were reduced to one, considering the "presence of riparian vegetation."

This article analyzes and describes in general the main features found, based on the evaluation forma filled on the field, of the ten sections of the urban area having as guidance the seven parameters.

Through the diagnosis was possible to identify that all the sections fall into the Type 1 defined by Amorim (2004), however, with six subparts from A through F.

Type 1: Characterized by intense urban appropriation of the valley bottom, especially marginal avenues or paved streets, plots / buildings and informal settlements. The watercourse has been identified in two distinct situations: unmodified, in natural condition and modified by rectification, canalization or covering (AMORIM, 2004, p 100.).

Considering the first parameter, type of bottom valley occupation, Cachoeiro do Itapemirim is characterized by the intense urban appropriation of river bank areas, highlighting: marginal streets/avenues, plots/buildings, path/tracks without pavement and grazing area/cattle raising. From sections 1 to 4 and from 9 to 10, the bottom valley is occupied by streets and plots, but still keeping part of the riparian vegetation. But this vegetation coating, in its majority, are grazing area that represent only 8% of soil sealing capacity.

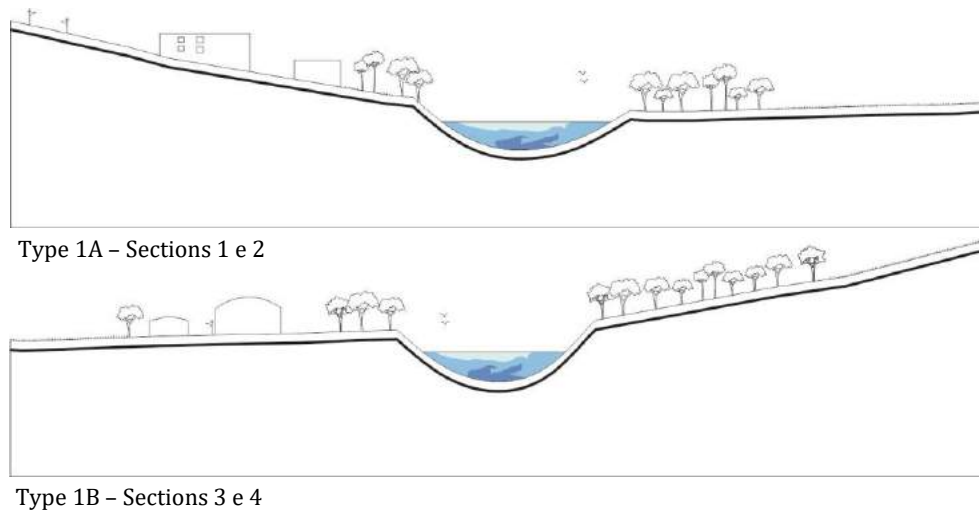


Figure 2. Type 1A and 1B. Source: Amorim (2004), modified by the author.



Figure 3. Section 3 overview, road along the river bank. Source: Author, 2015.

There has been intense soil sealing, with 60% of the entire area getting above 50% waterproofed. As to the presence of riparian vegetation, half of the sections show less than 25%. Sections 6, 7 and 8 show worrisome levels, with the absence of riparian vegetation and connected sections. In relation to the water course modifications two main occurrence were classified: without modification and modified by rectification. It is important to note that any element related to urbanization of the banks modifies the river path. But this study only considered as change in the watercourse, the extreme situation, the landfill of a stretch of the Rio Itapemirim, for the construction of Av. Beira Rio.

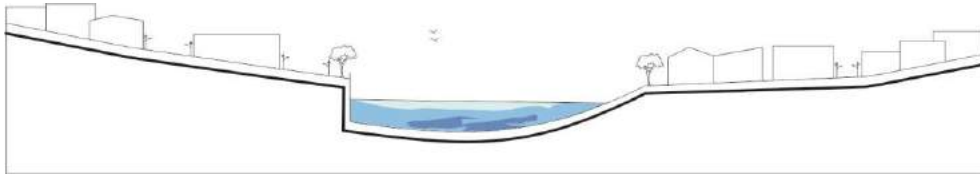


Figure 4. Type 1D – Sections 7 and 8. Beira-Rio Av. on the left bank. Source: Amorim (2004), modified by the author.



Figure 5. Beira Rio Av. sidewalk, in the back Aquidaban neighborhood. Source: Author, 2015.

Even though great part of Itapemirim river still maintains its curvy characteristics, all urban area examined is occupied at least in one bank either by the road system or by constructions. It is also observed that 5 of the sections located in the center of the urban area, have both banks occupied mainly by unfamiliar housing with the back of the plots to the river banks.

As an example, 1C type, in sections 5 and 6, refers to the one that makes the river more distant from the population. The buildings turn their backs to the river, and difficult to see it, only possible by slots between the lateral spacings – rare- and on the crossing points from one bank to the other

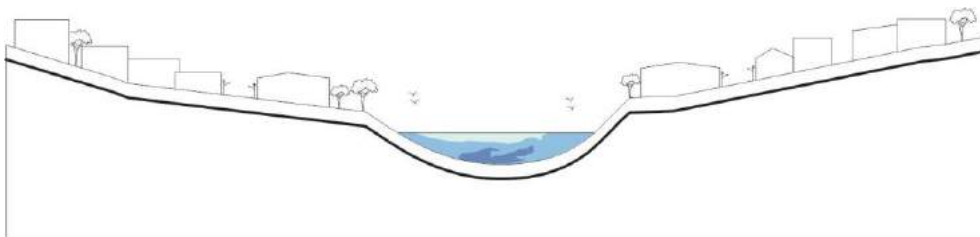


Figure 6. 1C Type – Sections 5 and 6. Source: Amorim (2004), modified by the author.



Figure 7: Section 6 situation. Source: Author, 2015.

Considering the banks occupations, none of the sections meets the incident legislation, in this case the Forest Code, as the 100 meter preservation area is not respected.

For the last examined parameter, landscape and aesthetics quality, although subjective, the criteria used was related to the extent of vegetated areas, observing that the larger their number the greater the aesthetics and landscaping quality. In this case it was also considered the existence of sidewalks areas where a greater relationship with Itapemirim river is possible as in sections 7, 8 and 9.

From filling in the evaluation forms a final grade was given to each section, following variation from 7 to 35 points, from the worst to the best condition, respectively. As Amorim says (2014, p.203), “the result of the grades given to several parameters allows to compare the environmental situation of several sections”. Thus, figure 8 shows a graph of the total score.

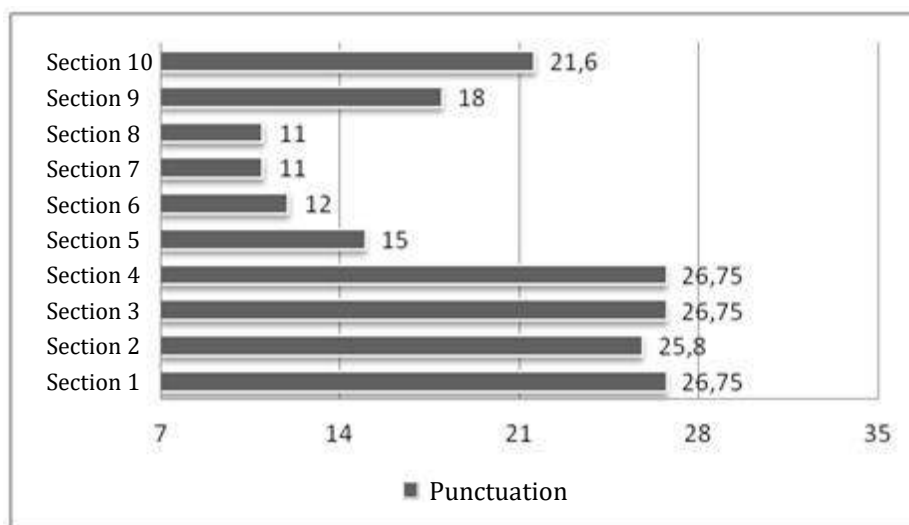


Figure 8. Evaluation Graph between the sections. Source: Author, 2015

The final average for the sections is 19,5 points, lower than the average evaluation condition that was 21 points, what shows a really bad environmental condition. The biggest negative impacts were observed in sections 7 and 8, that only got 11 points. The best scores are in the initial and final sector from the course demonstrating that the closer to downtown the worst the score is and consequently the environmental conditions. This finding becomes important for the possibility of planning the proper ways to occupy these expansion areas that minimize the environmental degradation and enhance the potential of the region.

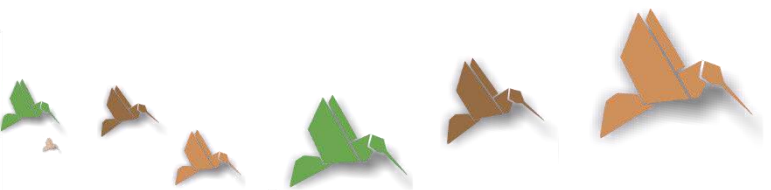
FINAL CONSIDERATIONS

Through the time the uses and appropriations of Itapemirim river in the town of Cachoeiro do Itapemirim were modified according to the needs of each period. Early marked by the stage of navigability, mainstay of the region and mainly incorporated to the town's daily life, nowadays the water body is seen as an element that tends to be forgotten, behind the buildings due to the gradual privatization of its banks

This article tried to demonstrate that the articulation between the environmental and urbanistic parameters is essential for the discussion about the forms for occupying the river banks. It is believed that from a study that addresses the particularity of each region a valorization and incorporation of the rivers in the cities will be reached as well as an sustainable urban development.

REFERENCES

- Agência de Desenvolvimento Sustentável do Sul do Espírito Santo. *Cachoeiro 21: plano estratégico de Cachoeiro de Itapemirim 2004-2020: Agenda 21 Local*. Cachoeiro de Itapemirim: ADESE, 2005. p.115.
- AMORIM, L.M. *Ocupação de fundos de vale em áreas urbanas: estudo de caso Córrego do Mineirinho, São Carlos-SP*. 2004. Total p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.
- CAETANO, Joana D’Arck. 2014. Projeto político do Partido dos Trabalhadores em Cachoeiro de Itapemirim – ES e a gestão (2009 – 2012) no âmbito dos pilares do “modo petista de governar”. *Dissertação (Mestrado em História) - Programa de Pós-Graduação em História, UFES*. Vitória.
- CAETANO, Joana D’Arck, DIAS, Sílvia de Souza. *Cachoeiro de Itapemirim – ES: para além do bairrismo*. In: CAMPOS, A. P.; VIANNA, K. S. S; MOTTA, K. S. da; LAGO, R. D. (Org.). *Memórias, traumas e rupturas*. Vitória: LHPL/UFES, 2013, p. 1-13.
- COSTA, Lucia Maria Sá Costa (org.). *Rios e Paisagens urbanas em cidade brasileira*. Rio de Janeiro: Viana et Mosleu: ed. PROURB, 2006.
- GORSKI, Maria Cecília Barbieri. *Rios e cidades: ruptura e reconciliação. Dissertação de Mestrado, FAU-Mackenzie, 2008*.
- JUNQUEIRA, Cássia de Ávila Ribeiro. 2008. Avaliação ambiental aplicável a bacias hidrográficas no meio urbano: análise dos métodos Amorim&Cordeiro, Pesmu e Swat. *Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, UFSCar*. São Carlos.
- MELLO, Sandra Soares. *Na beira do rio tem uma cidade: urbanidade e valorização dos corpos d’água. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, UnB*. Brasília.
- MOREIRA, Evandro. *Cachoeiro um história de lutas (resenha histórica do início de Cachoeiro)*. Cachoeiro de Itapemirim: Gracal, 2004.
- TUCCI, Carlos E. M. *Águas urbanas*. Estudos Avançados. 2008; v. 22, n.63, p.91-102.



Life Cycle Assessment of Electric Vehicle Considering Locally Generated and Stored Energy

Luiza Diniz de Oliveira Câmara

Professional Master Program in Urban and Environmental Engineering, PUC-Rio, Rio de Janeiro (RJ), Brazil

Tina Dettmer

Technische Universität Braunschweig, Germany

Patricia Edge

Technische Universität Braunschweig, Germany

Celso Romanel

Department of Civil Engineering, PUC-Rio, Rio de Janeiro (RJ), Brazil

ABSTRACT: The potential of electric vehicles for reducing the harmful environmental impacts of road transport in everyday conditions has to be analyzed and evaluated. If electric vehicles shall realize their potential to reduce emissions and minimize the consumption of resources, then locally generated and stored energy could increase the use of renewable energy sources. A quantitative method is necessary to determine if local energy is environmentally advantageous and, for that purpose, the life cycle assessment is a suitable method which quantifies potential environmental impacts. BS Energy is a German energy and drinking water distributor that has been expanding its business investing on new clean technologies, such as electric cars, and plans the installation of a stationary energy storage. This work carries out a detailed life cycle assessment for the local energy storage system testing several energy scenarios and taking into account the following environmental impacts: global warming, ozone depletion, photochemical smog, acidification and eutrophication. The decision of whether to prioritize one impact category over another is not always simple, as discussed in this paper.

Keywords *Electric Vehicles; Renewable Energy; Batteries; Life Cycle Assessment; Photovoltaic System*

1. INTRODUCTION

The Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2013) considers new evidences on climate change based on scientific analyses from observations of climate systems, theoretical studies and simulations using climate models. The atmospheric concentrations of carbon dioxide, methane, and nitrous oxide have increased to unprecedented levels; carbon dioxide concentrations have increased by 40% since pre-industrial times, primarily from fossil fuel emissions and secondarily from net land use change emissions. The ocean has absorbed about 30% of the emitted anthropogenic carbon dioxide, causing ocean acidification.

Human influence has been detected in warming of the atmosphere and the ocean, in changes in the global water cycle, in reductions in snow and ice, in global mean sea level rise, and in changes in some climate extremes. The global mean surface temperature change for the period 2016–2035 relative to 1986–2005 will likely be in the range of 0.3°C to 0.7°C (IPCC, 2013) and it is virtually certain that there will be more frequent hot and fewer cold temperature extremes over most land areas on daily and seasonal timescales as global mean temperatures increase.

Continued emissions of greenhouse gas (GHG) will cause further warming and changes in all components of the climate system. Limiting climate change will require substantial and sustained reductions of GHG emissions.

According to the United States Environmental Protection Agency (EPA, 2016) 26% of 2014 greenhouse gas emissions in the United States come from burning fossil fuel by cars, trucks, ships, trains and planes (Figure 1). Over 90% of the fuel used for transportation is petroleum based, which includes gasoline and diesel. The transportation sector is the second largest source of greenhouse gas emissions in U.S. after electricity generation.

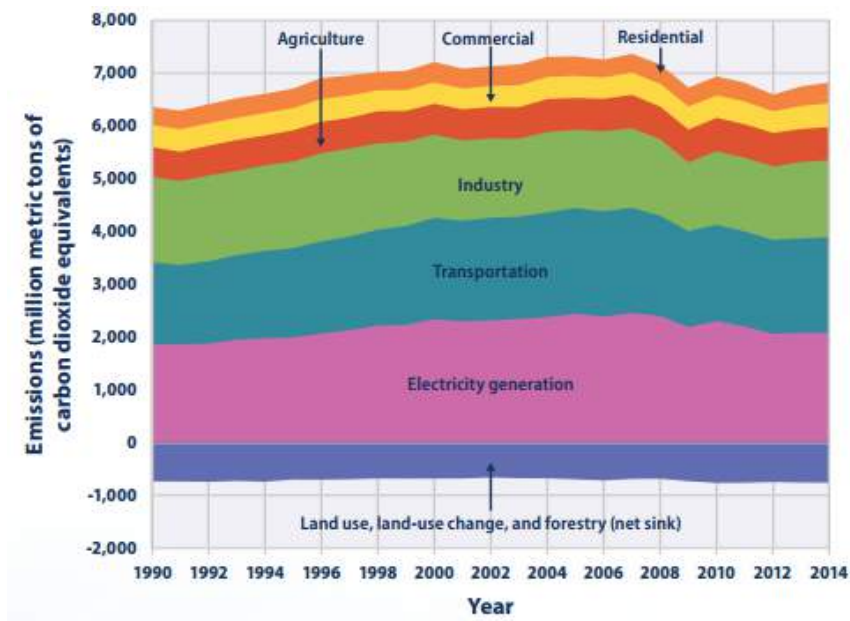


Figure 1 – U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks by Economic Sector, 1990 – 2014
Source: United States Environmental Protection Agency (EPA, 2016)

Worldwide, the transport sector accounts for about a quarter (23%) of global energy-related GHG emissions (IEA, 2015).

The Paris Agreement, announced in December 2015, clearly set the objective to limit the global average temperature increase below 2°C (UNFCCC, 2015). The ambitious GHG emissions reduction required to limit global warming to less than 2°C is unlikely to be achievable without a major contribution from the transport sector. The International Energy Agency (IEA, 2016a) indicates that the global transport sector must contribute about one-fifth of the total reduction of GHG emissions from energy use in 2050.

Electric vehicles (battery electric and plug-in hybrid electric vehicles) are seen as a major contributor to the GHG emissions reduction goal in transport, as they increase energy efficiency and reduce carbon intensity of transport energy carriers, while taking advantage of the reduction of GHG emissions in power generation and supporting the integration of variable renewable energy in the power generation mix. In a context of ever-growing urban populations, electric vehicles are also well equipped to reduce emissions of local pollutants in high-exposure areas and reduce noise levels.

Today, electric vehicles account for just a tiny fraction of the global vehicle stock (0.1% for cars). This is still not significant enough to impact the actual fuel consumption and GHG emissions from the transport sector as a whole. However, important signs of change emerged in the recent past since the year 2015 saw the global threshold of 1 million electric cars on the road exceeded (IEA, 2016b). In 2014, only about half of today's electric car stock existed and in 2005 they were still measured in hundreds.

Industry, governments and early adopters have succeeded in demonstrating that electric cars can deliver the practicality, sustainability, safety and affordability characteristics expected from them, but the electric vehicle market still requires policy support to achieve widespread adoption and deployment. Battery costs have been cut by a factor four since 2008 (IEA, 2016b) and are set to decrease further. It is important to remark that metals required for battery production is a non-renewable resource and the extraction and production are very intense energy processes.

Concerns about electric vehicle efficiency and the increase of electricity demand, still hang over industry and governments. Although advances in technology should reduce fuel usage and emissions, these improvements may be offset in the near-term by increased ownership and use.

In this respect, Life Cycle Assessment (LCA) studies contribute for the understanding on the real impacts of electric vehicles, considering the effects on the energy necessary for their charge and the storage system.

The present paper is a LCA study developed to support the Braunschweiger Versorgungs-AG & Co. KG (BS Energy, Germany) on the decision of whether to buy a stationary battery to store its photovoltaic energy generation, used for charging five electric vehicles. The main goal was to determine whether is environmentally worthy to invest in the stationary battery, considering that the vehicles could be charged straight from the photovoltaic system or from the German electricity net.

2. LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA)

Life Cycle Assessment (LCA) is an environmental management technique that has its basic principles coordinated by the International Organization for Standardization (ISO). The basic idea of LCA is that all the steps involving a production system must be analyzed, making sure that all the environmental components are assessed to enable and support a decision-making. A LCA typically aims to analyze and compare different products, processes or services that fulfill the same utility (e.g., photovoltaic against nuclear power), helping to demystify some simplistic notions by calculating the environmental impact of a product or service system.

According to ISO14044 (2006), LCA consists of four phases. The first one is the goal definition, the most important phase since the depth and the breadth of LCAs can differ considerably depending on their objectives. The life cycle inventory phase (LCI) is the second step consisting of an inventory of input/output data with regard to the system being studied. It involves collection of the data necessary to meet the goals of the defined study. The life cycle impact assessment (LCIA) is the third phase whose purpose is to provide additional information to help assess a product. Life cycle interpretation is the final phase of the LCA procedure, in which the results of an LCI or an LCIA, or both, are summarized and discussed as a basis for conclusions, recommendations and decision-making in accordance with the goal and scope definition.

There are cases where the goal of an LCA can be satisfied by performing only an inventory analysis and an interpretation. This is usually referred to as an LCI study. The International Standard covers two types of studies: life cycle assessment studies (LCA studies) and lifecycle inventory studies (LCI studies). LCI studies are similar to LCA studies but exclude the LCIA phase.

A variety of environmental impact indicators have been developed and more continue to be used as the LCA method evolves. The categories for indicators range from global level, such as contribution to global warming and ozone depletion, to local impacts, such as photochemical smog formation. In this research the following impact categories were considered: a) global warming - potential of contributing to climate change, measured in kgCO₂eq; b) ozone depletion - potential of depleting the ozone layer, mostly by CFCs emission, measured in kgCFC-11-eq; c) photochemical smog - also known as photochemical oxidant formation or summer smog, mainly caused by solar radiation reaction with air pollutants, mostly emissions from fossil fuel combustion; d) acidification - its potential increases with the increase of sulphur (S) and nitrogen (N) in the soil and is calculated in SO₂eq; e) eutrophication - marine and freshwater response to the increase of nutrients, mainly nitrogen and/or phosphates, due to human activities, such as the use of fertilizers and the disposal of sewage on water. This leads to an increase of certain organisms, such as phytoplankton, in the ecosystem. The marine eutrophication potential is calculated in kgN-eq and the freshwater eutrophication potential in kgP-eq.

Considering so many different impact categories on a single investigation may have a few disadvantages, since most of times one technical solution can be better for mitigating one environmental aspect but not another. It is difficult to find the ideal solution for all of them but it is important to emphasize that LCA provides information to support a decision, which means that it cannot be used as a substitute for a decision-making process.

One of the main concerns is the increase of energy demand. Considering that the renewable energy market is still not big enough to meet a growth in demand, the greenhouse gas emissions may remain very high. Another important concern is related to vehicles batteries: the metals required for their production are non-renewable resources, and their extraction and production is very energy intensive.

3. CASE STUDY – BS ENERGY

BS Energy is a German energy and drinking water distributor from the city of Braunschweig. In order to meet the growing demand for a cleaner supply chain, the company has been expanding its business and investing on new clean technologies such as electric cars and different types of renewable energy.

The energy storage system consists of a stationary battery that is fed by energy from a photovoltaic power generation or from the German electricity grid (Figure 1). The photovoltaic system is a 30m² multi-silicon solar panel with a 10.56 kW power generation capacity. This system can feed the stationary battery as well the electric cars, whenever necessary. Since the time period considered in the study is 1 year of vehicle usage, and the solar panel life time is approximately 30 years, the environmental impact of the solar panel was divided by 30.

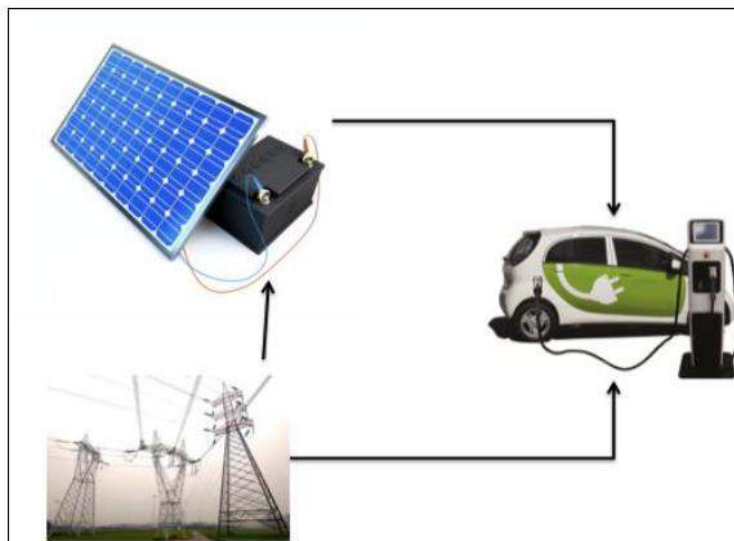


Figure 1 – Scheme of the system investigated.

The five impact categories aforementioned are analyzed for each one of the 6 scenarios studied on this work, namely:

- i) BS Energy cars being charged directly from solar energy locally generated;
- ii) Cars being charged by the stationary battery, which stores energy from the solar panels;
- iii) Cars being charged directly with energy from the German electricity grid.

3.1 Scenario 1 - Use of energy from the grid

The first scenario considered the energy from the grid only, which means that there is no need of local energy generation or of a special storage system.

This process includes electricity produced in the country, imports from others, transmission over aerial lines and cables, direct emissions to air, and all the electricity losses during transmission and distribution, assumed as 4% (World Bank, 2014), one of the lowest in the world. The high share of coal usage in the German electricity mix keeps emissions at high levels; the Global Warming Potential (GWP), calculated with the software Umberto Nxt, to provide energy for the 5 cars corresponds to 9.470 kg CO₂-Eq.

3.2 Scenarios 2 and 3 - BS solar energy generation and electricity from the grid

Scenarios 2 and 3 admitted that the energy from the photovoltaic system was able to charge 3 and 2 vehicles, respectively. In both cases, the remaining cars were fed directly by the electricity grid. Each vehicle, traveling 50km a day, would consume about 2880 kWh a year and the total energy for the 5- vehicle fleet would reach 14,400 kWh.

Data about the solar energy production by a 10,56kWh photovoltaic system is shown in Table 1, available from 2011 to 2014. Since the time period considered in this study is just one year, the annual average production determined was 9.48MWh.

Table 1 - Solar energy production from a 10,56KW photovoltaic system
(Source: Sunny Places, 2015)

Year	Total Generation (MWh)	Monthly Average Production (KWh)	Average Oct-Feb (KWh)	Average Mar-Sept (KWh)
2011	8,87	739	252	1.087
2012	10	840	427	1.134
2013	9,44	787	335	1.109
2014	9,62	802	399	1.090
Total Average	9,48	792	353	1105

3.3 Scenarios 4, 5 and 6 - Use of stationary batteries

The battery that BS Energy intends to buy is a lithium-titanate battery, referred to as LTO in the battery industry. Due to its advanced nanotechnology, the LTO has many advantages when compared to other lithium batteries (Tian et al., 2010), such as life expectancy between 10 and 15 years. Due to its many benefits, especially high security and high stability, LTO batteries have a wide range of applications in the aerospace and military industries. The batteries will be built in Braunschweig at a driving distance of 6.7km from BS Energy. Considering that batteries will be transported by a light commercial vehicle, with an average CO₂ emission of approximately 180g/km (International Council on Clean Transportation, 2014), the total emissions for this transport would be approximately 2.42kgCO₂ for a round trip.

The influence of the stationary battery on the charging system was considered taking into account the following assumptions: the battery weight is 160kg and its size is 0,3m³; when fully charged it can provide about 8kWh, which is enough energy for a 50km

distance; each car travels around 50km per day; the internal efficiency of the battery was assumed equal to 90%.

Although the expected lifetime of a LTO battery ranges between 10 and 15 years, 3 different scenarios were herein investigated, considering 5, 10 and 15-year lifetimes, in order to better understand the influence of the battery lifetime on the LCA results.

4. LCA RESULTS

In this study the environmental impacts were investigated using the software Umberto Nxt LCA, a German tool for performing life cycle assessment with graphical modeling. Besides all the data provided by BS Energy and other open sources, the Ecoinvent database v.3 was also used, given its status as a world leader life cycle inventory data source. All the LCA results for the different scenarios, and for each impact category separately, are presented in terms of graphics (Figures 2 to 4) to facilitate the interpretation.

Figure 2 shows that the energy from the German electricity grid has a great impact in all scenarios. The GWP has its lowest value when 3 vehicles are charged by the photovoltaic system and the other 2 vehicles charged directly by the grid. The second best option is a 15-year lifetime battery combined with the photovoltaic energy and the grid. However, to be conservative, it was considered that the battery would not reach its maximum lifetime, admitting a 10-year lifetime period closer to reality. The impact between the 10-year lifetime and the 15-year lifetime batteries is not significantly different for comparison purposes. Thus, knowing that without storage, the most likely scenario for the photovoltaic system would be 2 vehicles charged by the solar energy and 3 by the grid, it is preferable to have the stationary battery system, ensuring the maximum use of solar energy.

In Figure 2 the impact of ozone depletion potential for each scenario can be also observed. The use of electricity from the grid has also a very high impact, making it necessary to ensure the maximum use of the solar energy. The photovoltaic system could be optimized by using it for charging vehicles during certain hours of the day and, if necessary, complemented by the energy stored in the battery system. Even though the battery emissions increase, it is lower when the electricity grid is used for charging a vehicle.

The photochemical smog potential, as shown in Figure 3, is also very sensitive to the use of net energy. However, in this case the battery has a greater impact than the energy provided by the grid, which means that even for the worse photovoltaic scenario it would be better to count on the photovoltaic system and the grid, without storage. However, since for charging 2 vehicles a day, the necessary average solar energy generation during one month corresponds to 480 kWh, the photovoltaic system would be able to charge 2 vehicles only between the months of March and September, when the solar generation is higher. During the other five months the photovoltaic system produces energy for charging only one vehicle and it would not be worth storing the excess energy in the battery system. If, in a future scenario, the photovoltaic system is expanded, the battery could be considered as an alternative for optimizing the use of solar energy.

The same situation can be seen for the acidification potential in Figure 3. In this case, the impact caused by the battery is even higher than that observed on the photochemical

smog potential. In order to avoid a high acidification potential it would be important to make sure that the use of the solar energy is optimized, despite the absence of a battery.

Figure 4 shows the marine eutrophication potential for all the different scenarios. This impact category presents a similar pattern as the photochemical smog, where the storage system would not be environmentally worthy, unless the photovoltaic system is expanded. The same situation can be observed for the freshwater eutrophication potential, when the battery has also a great influence. The combination the photovoltaic system with the electricity grid is a better solution than the use of the battery system.

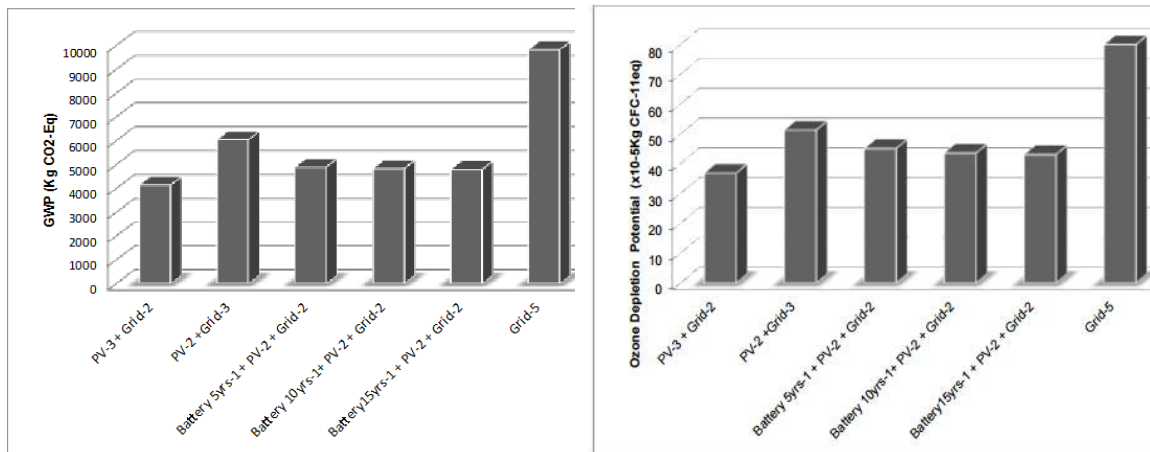


Figure 2 – GWP in kg CO₂-eq (left); ozone depletion potential (x10⁻⁵kg CFC-11eq) (right)

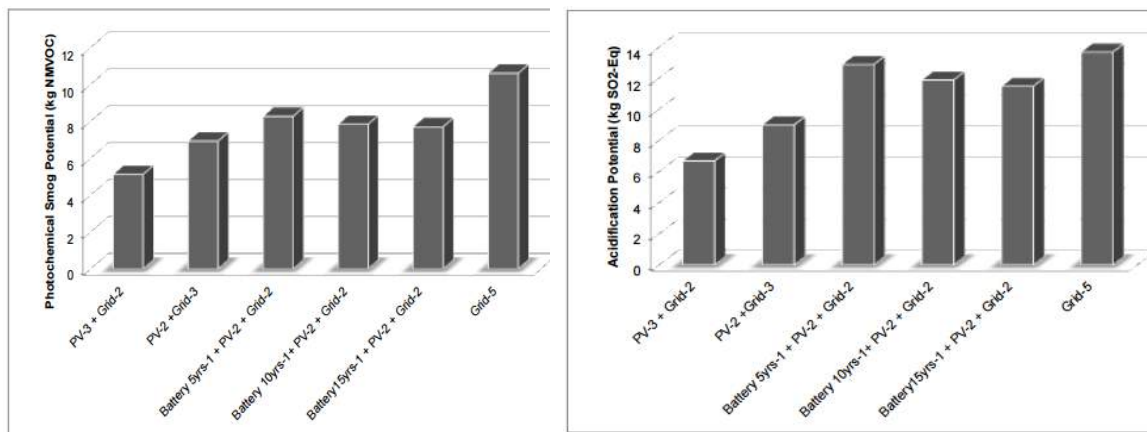


Figure 3 – Photochemical smog potential in kg NMVOC (left) and acidification potential in kg SO₂-eq (right)

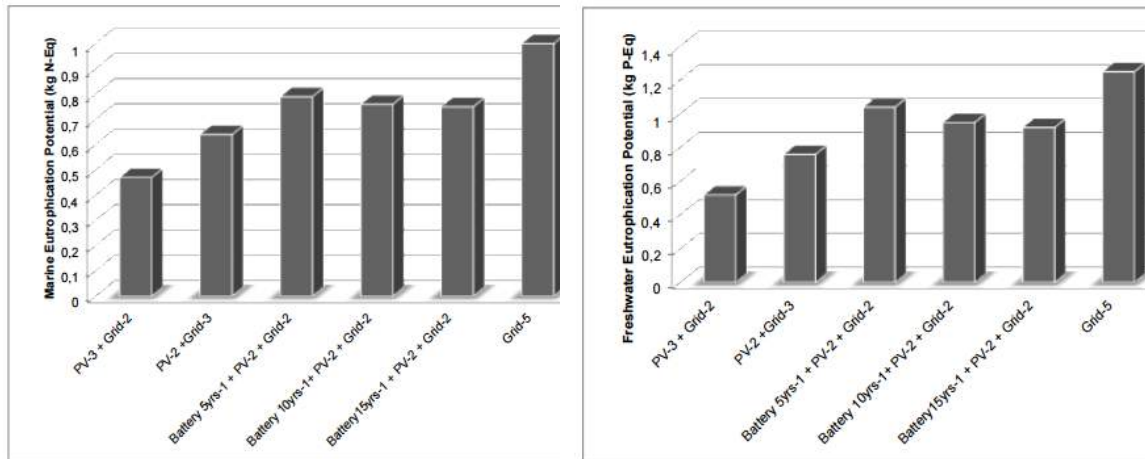


Figure 4 - Marine eutrophication potential in kg N-eq (left); freshwater eutrophication potential in kg P-eq (right)

5. CONCLUSION

Considering the current German electricity mix, the energy provided by the electricity grid has shown a greater impact than both the photovoltaic and the battery systems, with respect to the global warming and ozone depletion potentials. However, for all the scenarios examined in this work, the energy furnished by the grid is necessary to complement the energy generated by the solar panel, since the photovoltaic system provides an average of 9480 kWh per year, enough for charging only 3 out of 5 vehicles.

In some cases this combination of energy from the photovoltaic system and the electricity grid is more attractive than using energy from the battery system. This situation was observed for the following impact categories: photochemical smog potential, acidification potential and eutrophication potential (both marine and freshwater). When compared to the energy provided by the electricity grid, considering the charge of one vehicle, the 10-year lifetime battery has shown for the photochemical smog potential an impact 35% higher, for the acidification potential an impact 97% higher and for the marine and freshwater potentials the impact of the battery was 53% and 75% higher, respectively, than the environmental impact from the German electricity grid. If the battery were a Li-ion battery with a graphite anode the impact would be even greater.

Differently from the situation observed for the photochemical smog, acidification and eutrophication potentials, the energy from the grid has shown an impact 2.8 times higher than the impact of the battery on the global warming potential. When it comes to ozone depletion potential the grid also represents a much greater impact when compared to the battery, equivalent to 2.3 times higher.

The decision of whether to prioritize one impact category over another is not always simple. Even though three of the impact categories (photochemical smog, acidification potential and eutrophication potential) have shown an unfavorable scenario for the stationary battery, the priorities in relation to mitigation of environmental impacts should be considered. The global warming potential and ozone depletion potential may have greater influence on the decision making than other impact categories.

The battery is therefore an option that should be considered to optimize the use of solar energy associated with a time schedule to charge vehicles using the photovoltaic system during periods of intense solar power generation. The photovoltaic system has shown the best environmental performance when compared to the use of the German electricity net. The possibility of expanding the local energy generation should also be considered in order to guarantee a low end of chain emissions of the vehicle fleet.

Other results would be probably obtained in countries with very high solar irradiation and the electricity net based on renewable energy such as Brazil. A similar study could stimulate the investment on local renewable energy production and on the development of electric vehicle market in the country. According to recent a document (Brazil, 2016) Brazil has a 75.5% proportion of renewable energy, compared with an average of 23,1% for the developed countries.

Germany has the target of 45% of renewable energy production by 2025. If this target is achieved the end of chain emissions would drop 15.30% which, in this study, would mean a GWP for charging one vehicle during one year decreasing to 1.670 kg CO₂-eq instead of the current 1.970 kg CO₂-eq. This still represents a higher impact than both the photovoltaic and the storage systems. The end of chain emissions would have to drop 51% in order to use only the grid energy as the better environmental option.

REFERENCES

- Brazil - Ministry of Mines and Energy. 2016. *Brazilian Energetic Review* (Resenha Energética Brasileira). May 2016 Edition.
[http://www.mme.gov.br/documents/10584/3580498/02+-+Resenha+Ener%C3%A9tica+Brasileira+2016+-+Ano+Base+2015+\(PDF\)](http://www.mme.gov.br/documents/10584/3580498/02+-+Resenha+Ener%C3%A9tica+Brasileira+2016+-+Ano+Base+2015+(PDF))
- EPA UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. 2106. *Climate Change Indicators in the United States*, 2016 edition. www3.epa.gov/climatechange/
- IEA International Energy Agency. 2015. World energy balances. *World Energy Statistics and Balances 2015*. www.iea.org/statistics.
- IEA International Energy Agency. 2016a. *Energy Technology Perspectives*. www.iea.org/etp.
- IEA International Energy Agency. 2016b. *Global EV Outlook 2016*.
http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Global_EV_Outlook_2016.pdf
- IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change. 2013. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*, www.climatechange2013.org/report/
- ISO 14044. 2006. Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework. *Organization for Standardization*.
- Sunny Places. 2015. www.sunnyplaces.com
- TIAN, B.; XIANG, H.; ZHANG, L., LI, Z. and WANG, H. 2010. Niobium Doped Lithium Titanate as a High Rate Anode Material for Li-Ion Batteries, *Electrochimica Acta* 55, n.19, pp. 5453-5458.
- UNFCCC United Nations Framework Convention on Climate Change. 2015. *Adoption of the Paris Agreement*. <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09r01.pdf>.
- WORLD BANK. 2014. *Electric Power Transmission and Distribution Losses*.
<http://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.LOSS.ZS>



Residências sem afastamentos laterais e luz natural: Um estudo de caso

Ana Paula Machado de Castro

Associação Educacional de Vitória, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Vitória (ES), Brasil
anapaulacastro.arquiteta@gmail.com

Érica Coelho Pagel

Associação Educacional de Vitória, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Vitória (ES), Brasil
erica.pagel@gmail.com

RESUMO: A luz natural é essencial para a qualidade do espaço e conseqüentemente para a saúde do ser humano. Em áreas residenciais sem planejamento urbano e cuja as construções foram desprovidas de orientação profissional, é comum a existência de edificações sem afastamentos laterais nos lotes, impedindo aberturas e, portanto, influenciando os níveis de iluminância nos ambientes internos. O objetivo desse trabalho foi investigar o desempenho da luz natural em uma edificação sem afastamentos laterais, representativa da tipologia construtiva dominante no Bairro Vila Rubim em Vitória, ES. A metodologia foi dividida nas seguintes etapas: a) seleção da tipologia arquitetônica residencial representativa a ser estudada através de um levantamento de campo e visitas ao bairro; b) medir os níveis de iluminância dos espaços internos dessa tipologia e comparar com os parâmetros mínimos estabelecidos pela norma NBR 15575-1:2013; c) testar duas estratégias de intervenção construtiva através de simulações computacionais utilizando o *software Dialux 4.4*. Os resultados mostram que essa tipologia construtiva, aliada a falta de orientação projetual adequada, facilita a existência de ambientes sem aberturas externas e conseqüentemente com baixos índices de iluminância. As simulações mostram que intervenções simples como um novo rearranjo do *layout* interno com a adição de elementos de captação de luz, tal como varanda e dutos verticais possibilitam a melhor distribuição lumínica nos espaços internos.

Palavras-chave *Iluminação natural; Residências; Simulação computacional.*

1. INTRODUÇÃO

A preocupação no aproveitamento da luz natural como forma de economia de energia e bem-estar do usuário sempre foi alvo de pesquisas em ambientes comerciais, institucionais e de serviços (Moro et al. 2014), entretanto, tem crescido o número de estudos que avaliam o desempenho e o aproveitamento desse recurso em ambientes residenciais (Albuquerque & Amorim, 2012; Castro et al. 2015).

Ao falar sobre a iluminação natural desde os primórdios, Mascaró (2012) afirma que a luz diurna foi usada de diversas maneiras no tempo e no espaço, de acordo com a finalidade a que se destinava o edifício e as características do meio ambiente em que estava inserido, tanto na arquitetura doméstica como na simbólica. Segundo a autora, na arquitetura residencial do Egito e Oriente, o uso das janelas dependia da situação social do morador. Nos modelos achados em escavações arqueológicas, as casas mais simples eram iluminadas por pequenas aberturas nas paredes, e as mais luxuosas possuíam aberturas do tipo grelha, como eram nos grandes templos. Já o conhecimento de técnicas e a atenção ao projeto arquitetônico voltados à utilização da luz natural nas edificações foram empregados na época romana. De acordo com Souza (2008) os romanos elaboraram a primeira norma para proteger o direito à luz natural em propriedades existentes, sendo também reconhecidos pelos pátios no interior de suas residências que tinham o objetivo de captar a luz solar e iluminar os ambientes.

A luz atua diretamente sobre a visão humana contribuindo para a vivência e qualidade ambiental de um espaço, o que proporciona melhores condições de saúde, pois exerce importante influência no ciclo biológico das pessoas (Vianna & Gonçalves, 2001). Adicionalmente, Holick (2011) afirma que espaços com *déficit* de iluminação podem se tornar insalubres, uma vez que são mais vulneráveis a presença de mofo, umidade e proliferação de bactérias.

Entretanto, apesar de haver um entendimento geral da importância à saúde da luz natural nos ambientes, além da preferência pela maior parte das pessoas da luz natural à artificial (Andrade, 2004) atualmente existem situações adversas que geram um caminho contrário a esses princípios, sendo uma dessas vertentes o crescimento desordenado de construções em áreas sem planejamento urbano prévio. A falta de orientação e atendimento as leis locais na formação dessas edificações, resulta, na maioria, em moradias desprovidas de soluções que favoreçam o conforto dos usuários, tais como, ausência de afastamentos da edificação no terreno e áreas de iluminação insuficientes em seus espaços internos (Faustino et al. 2007; Silva, 2007).

No Brasil a última norma aprovada, ISO 8995-1:2013 (ABNT, 2013a), não retrata a iluminação natural em ambientes internos residenciais, levando a tomar como base a norma de desempenho NBR-15575:2013 (ABNT, 2013b), que teve sua última atualização no ano de 2013. Outra importante legislação local a ser considerada no aproveitamento da luz natural nos espaços construídos é o Código de Obras dos municípios. Uma pesquisa realizada por Fernandes (2009) verificou que as exigências para iluminação natural nesses códigos se restringem a relação entre as áreas de aberturas mínimas em função da área de piso de cada ambiente, não se importando com outros aspectos tal como a qualidade dessa luz nesse espaço.

A cidade de Vitória, Espírito Santo, assim como outras cidades brasileiras, apresenta tanto, áreas de aglomeração urbana oriundas de invasão, quanto oriundas de áreas muito antigas, uma vez que a cidade, é datada da época do descobrimento do Brasil. Pode-se dizer que no final do século XIX, Vitória era uma cidade de uso comercial, e para atender a comerciantes e trabalhadores do ramo de embarcações, as residências e hotéis ficavam perto do local de trabalho. A respeito dessas edificações, não se tinha no passado uma lei que estabelecia níveis mínimos para o conforto ambiental, tão pouco havia fiscalizações de novas edificações através de órgãos públicos. Assim uma característica peculiar das construções descrita dessa época por Ventorini (2010) é o conceito da tipologia eclética do conjunto arquitetônico abrigando edificações que não possuíam afastamentos laterais e de frente no lote. Ao longo dos anos essa tipologia arquitetônica continuou a ser encontrada em áreas capixabas, principalmente nas principais vias arteriais que ligavam o centro da cidade, porém sob uma nova roupagem não criteriosa quanto a estética da arquitetura mais antiga, mas permanecendo no quesito de edificações contíguas umas às outras. Juntamente com o crescimento da cidade e a falta de inserção adequada no tecido urbano, essa tipologia sem afastamentos perpetuou até os dias atuais e ainda é dominante na configuração de alguns bairros da cidade (Ventorini, 2010).

Desta forma esse trabalho utilizou o bairro Vila Rubim, localizado na cidade de Vitória – ES, como objeto de estudo. O objetivo da pesquisa foi identificar a tipologia dominante residencial existente no bairro, medir os níveis de iluminância em seus espaços internos e propor melhorias em relação ao atendimento a NBR-15575:2013. Pretende-se com esse trabalho fomentar a discussão acerca da importância da luz natural nos ambientes residenciais associada principalmente ao fato da importância do auxílio do arquiteto na concepção desses espaços.

2. METODOLOGIA

O método desta pesquisa foi dividido em três etapas:

- a) Seleção de uma tipologia arquitetônica residencial representativa a ser estudada, localizada no bairro Vila Rubim – ES, através de observações e registros *in loco* das edificações na área.
- b) Medições lumínicas através de um luxímetro digital das condições atuais dos espaços internos da edificação selecionada e identificação dos principais problemas oriundos de um mau desempenho projetual;
- c) Simulações computacionais, através do *software Dialux 4.4*, utilizando um modelo tridimensional da edificação selecionada objetivando testar propostas para o melhor desempenho do aproveitamento da luz natural nos espaços internos atendendo a NBR 15575-1/2013 e ao código de obras local.

2.1 Seleção da tipologia arquitetônica

O bairro Vila Rubim - localizado a sudoeste da capital Vitória, cidade de clima tropical quente e úmido. - abrange uma área de 149.172 m² com uma população de 1.430 habitantes (IBGE, 2016). Através de visitas *in loco* realizadas em março de 2015 foi feito um levantamento qualitativo e quantitativo das edificações, com as principais características construtivas residenciais predominantes neste local.

Pode se observar que o bairro é uma região predominantemente comercial onde as vias principais passam, abrigando o principal mercado local – o Mercado da Vila Rubim. Nas vias coletoras, o uso das edificações é misto, normalmente abrigando um comércio no primeiro pavimento e nos subseqüentes, residencial. Nas vias locais, que passam pelo interior do bairro, é predominantemente residencial, com exceção de alguns bares e pequenas vendas.

Identificou-se que a maior parte das habitações pode ser agrupadas em quatro tipologias básicas: *a)* residência de até 3 pavimentos, sem a presença de terraço e sem afastamentos laterais; *b)* residência de 3 pavimentos sendo o último terraço e sem afastamentos laterais; *c)* residências de quatro pavimentos sem terraço e sem afastamentos laterais; *d)* residências de quatro pavimentos sendo o último terraço e sem afastamentos laterais. Existem em uma quantidade menor residências de pavimento térreo e de dois andares que foram agrupadas com outras tipologias não – residenciais por não serem o foco do trabalho (Figura 1).

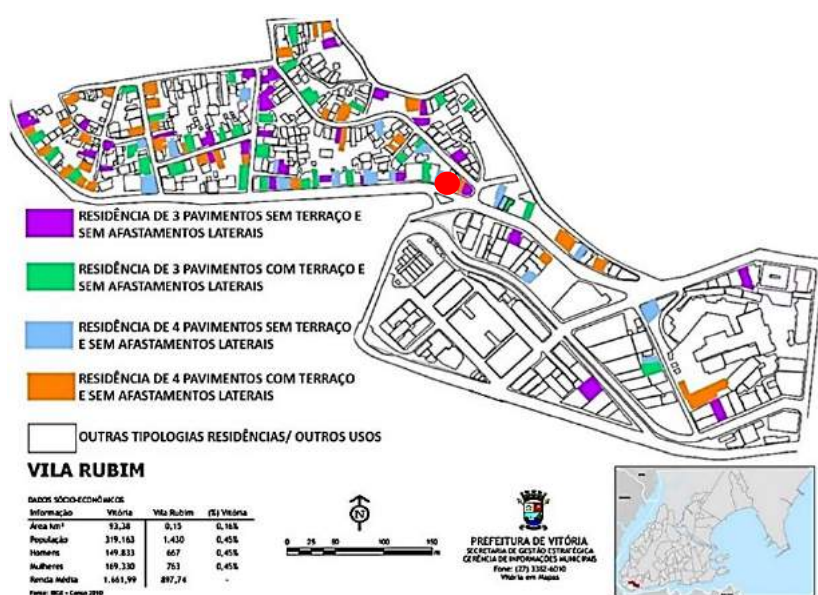


Figura 1. Tipologias arquitetônicas residenciais no Bairro Vila Rubim, Vitória, ES. Em destaque a edificação selecionada para estudo. Fonte: Adaptado de <http://geoweb.vitoria.es.gov.br/>

Optou-se pela seleção, para o desenvolvimento do presente estudo, da edificação de quatro pavimentos com terraço superior, pois além de fazer parte dentre as edificações predominantes no bairro, possibilita o estudo de intervenções de utilização da luz natural que poderiam ser aplicadas em todas as outras tipologias. A Figura 2 ilustra as quatro tipologias marcantes no bairro e destaca a habitação selecionada para estudo.



Figura 2. Tipologias marcantes no bairro com destaque para a habitação selecionada para estudo. Fonte: os autores.

2.2 Medições dos níveis de iluminância

As medições dos níveis de iluminância foram realizadas no terceiro pavimento da edificação selecionada para estudo, utilizado um luxímetro *Digital Meter* modelo ITLD 260 da marca CE, seguindo as orientações para medição estabelecidas pela norma de Iluminação natural NBR 15215/2004 (ABNT, 2013b). Os monitoramentos foram realizados em um dia com céu claro, durante quatro dias e em três horários diferentes para verificar a variação da luminosidade na edificação. Assim, foram realizadas medições nos dias 29 e 30 de março/2015, e 15 e 16 de abril/2015, em três horários diferente: às 9h00, 12h00 e 15h00. Os resultados foram apresentados considerando a média da iluminância calculada para cada ambiente.

2.3 Modelo computacional

Definiu-se o modelo de simulação inicial com características semelhantes às da residência selecionada para estudo tanto no que diz respeito à volumetria, à compartimentação interna, à orientação solar e ao posicionamento das aberturas. Embora seja de conhecimento geral de que outros fatores, tais como os materiais de revestimento e o entorno construído, interferem nos níveis de iluminância dentro das edificações, estes não foram considerados neste estudo almejando a simplificação das simulações.

As simulações foram feitas através do *software Dialux 4.4*, específico para simulações de iluminação, uma vez que calcula as iluminâncias de acordo com um modelo em 3D que é desenhado. A escolha do *software* se deu pela facilidade de uso, de aquisição gratuita e já utilizado em outros estudos de iluminação no Brasil (Pagel et al., 2008). Foram considerados modelos para céu claro, céu parcialmente encoberto e céu encoberto, avaliando três horários do dia, às 9h, 12h e 15h, nos solstícios e equinócios, afim de avaliar as variáveis que podem existir com os diferentes horários e tipos de céu.

3. RESULTADOS

A habitação selecionada possui duas unidades autônomas residenciais de 115 m². A fachada frontal é orientação sudoeste voltada para a Avenida Santo Antônio, uma importante via do bairro. As unidades habitacionais são compostas por três quartos, sala de jantar/estar, cozinha, área de serviço e dois banheiros, interligadas por essa circulação vertical de escadas. Foi observado também durante o levantamento realizado que é comum configuração, principalmente quanto ao conjunto de ambientes, na composição das edificações residenciais do bairro.

Observando a disposição da planta baixa original do terceiro pavimento - escolhido como pavimento de estudo; identifica-se equívocos projetuais, como por exemplo, a localização de um quarto central sem aberturas externas, assim como na sala de estar, embora essa possua uma fachada externa voltada para as escadas de acesso. A existência de janelas nesses ambientes se dá para o centro da residência, o que impede a entrada suficiente de iluminação natural nesses espaços. Tal fato, pode ser atribuído a uma falta de orientação profissional na execução do projeto, potencializada pela dificuldade imposta pela inexistência de afastamentos laterais. É importante citar que o código de obras municipal estabelece que compartimentos destinados a repouso e estar deverão ter obrigatoriamente

sua ventilação e iluminação proporcionadas pelo afastamento de frente, espaço dos logradouros ou área principal (Lei 4821/1998). Visualmente já foi possível inferir níveis baixos de iluminação nesses dois locais como observado na Figura 3.

Nessa residência especificamente as aberturas dos banheiros, também pela impossibilidade de aberturas na lateral do terreno, estão voltadas para o interior do quarto central o que faz com que esses ambientes também apresentem visualmente uma baixa iluminação. Embora nesses compartimentos não sejam necessários mecanismos de iluminação natural, identifica-se um erro projetual grave, uma vez que segundo o código de obras do município instalações sanitárias não podem ser ventiladas por áreas de estar nem repouso.



Figura 3. Planta baixa do terceiro pavimento da habitação de estudo. Em destaque imagens da sala de estar e de um dos quartos localizados ao centro sem janelas. Fonte: os autores.

3.1 Medições *in loco*

As medições resultaram em uma malha de 114 pontos totais em todo o pavimento para cada um dos quatro dias monitorados em cada horário analisado. As médias dos pontos calculadas para cada ambiente e os índices mínimos estabelecidos pela NBR 15.575 para residências podem ser observadas no Quadro 1. Os resultados confirmam a hipótese levantada pela observação *in loco* de que os níveis de iluminância estão bem abaixo do mínimo recomendado pela NBR 15.575 nos ambientes da sala de estar/jantar, no quarto central e nos banheiros devido à ausência de aberturas adequadas para iluminação. É importante ressaltar que ambientes de sala de estar e quartos são considerados espaços de grande permanência pelo usuário em uma residência, podendo apresentar problemas de insalubridade como crescimento de mofo, mal-estar e *stress* devido à falta de luz e também de ventilação natural adequada (Holick, 2011).

Nota-se que os quartos localizados na fachada frontal sudoeste (1697, 1932, 1850 lux respectivamente para as medições das 09h, 12h e 15h no quarto 01 e 1453, 1785, 1621 lux respectivamente para os mesmos horários na suíte) apresentam valores muito acima do recomendado o que podem trazer problemas de desconforto visual e ofuscamento. Embora esse não seja o foco do trabalho, esses resultados mostram que não só a presença de aberturas e o atendimento aos níveis mínimos de iluminação impostos pela legislação são

necessários, mas a preocupação com a qualidade com que esta luz chega aos espaços é de fundamental importância.

Outra observação é de que o horário de 12h apresenta os maiores níveis de iluminância em relação aos outros horários para a maior parte dos ambientes, reiterando o fato de que quanto maior a altura solar maior a intensidade da radiação solar que chega a superfície.

Quadro 1. Índices de iluminância médio (em lux) encontrados e os índices mínimos pela NBR 15575. Fonte: os autores.

Ambientes	Horários das Medições			NBR 15575
	09h	12h	15h	M*
Sala de Estar/Jantar	20	45	40	≥100
Quarto 1	1697	1932	1850	≥100
Quarto 2 (central)	5	2	1	≥100
Quarto Suíte	1453	1785	1621	≥100
Banheiro suíte	1	0	0	≥100
Banheiro social	2	1	1	≥100
Cozinha	1105	1178	1180	≥200

3.2 Simulações

Considerando que as observações *in loco* e os resultados das medições apontaram uma compartimentação inadequada dos espaços o que conseqüentemente promove níveis de iluminação bem abaixo da norma para determinados ambientes, foram feitas duas propostas de intervenção visando uma melhoria da luz natural: 1) Proposta de um novo *layout* interno com adição de uma varanda na sala de estar; 2) proposta de uma segunda opção de *layout* interno com a adição de varanda, um poço de iluminação e uma da parede de vazada na circulação da sala de estar (Figura 4).

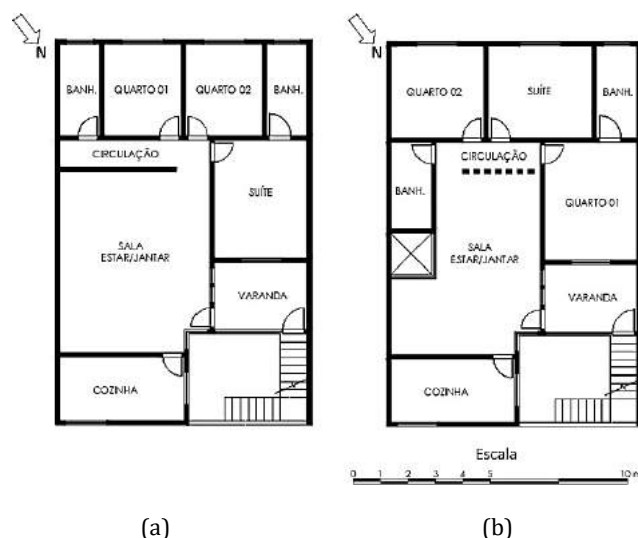


Figura 4. Intervenções propostas a) Proposta 1 e b) Proposta 2. Fonte: os autores.

1.1.1 Proposta 1

A primeira proposta de intervenção visa analisar o comportamento da luz natural através da mudança de *layout* e adição de uma varanda, já que o objetivo é aumentar o contato do interior dos ambientes com o exterior. Os banheiros foram reposicionados para a fachada

frontal permitindo a entrada de luz e ventilação. Foi proposto uma varanda próxima à escada externa facilitando a aberturas para a nova localização da sala de estar e da suíte.

Nos resultados das simulações observa-se que há uma variação dos níveis de iluminância conforme os tipos de céu (Figura 5). Foram obtidos níveis mais baixos com o céu encoberto, de 40 a 106 lux nos quartos 1 e 2, e valores de 20 a 55 lux na sala de estar/jantar e na suíte. Já com o céu claro, os níveis variam de 150 a 1100 lux nos quartos 1 e 2, e de 30 a 208 lux na sala de estar/jantar e suíte respectivamente.

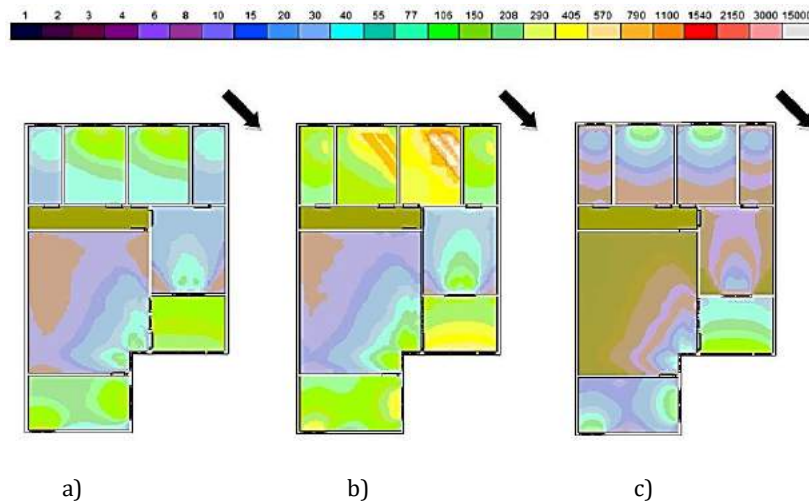


Figura 5. Proposta 1 às 12h com (a) céu parcialmente encoberto, (b) céu claro e (c) encoberto respectivamente no equinócio de outono. Fonte: os autores.

Comparando a simulação realizada em horários diferentes: 09h, 12h e as 15h, se pode notar uma elevação dos níveis de iluminancia para todos os tipos de céu nos períodos das 09h na cozinha (nordeste) e as 15h nos quartos da fachada frontal a sudoeste (Figura 6).

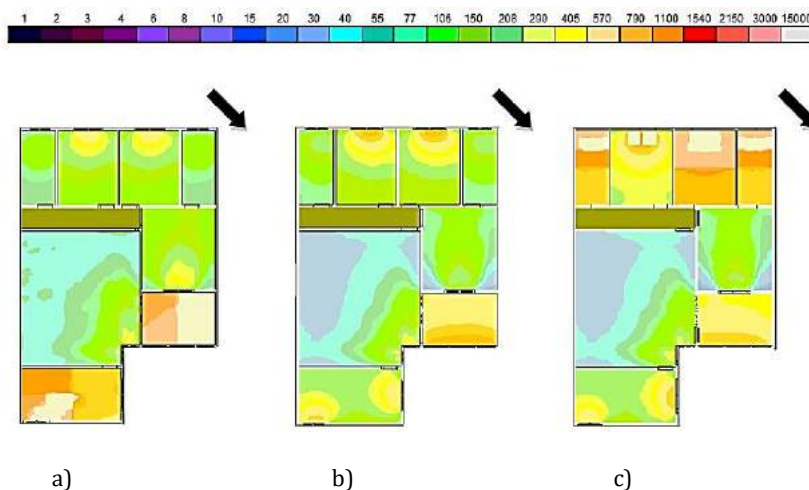


Figura 6. Proposta 1 com céu médio às (a) 9h, (b) 12h e (c) 15h respectivamente no solstício de verão. Fonte: os autores.

Considerando a situação do solstício de verão e céu claro, verifica-se que a parte nordeste chega a ter de 1102 lux a 3000 lux na cozinha. Tal comportamento também foi observado nas medições *in loco* realizadas nesse ambiente devido ao menor ângulo de incidência solar

nestes horários. Reitera-se que tal fato provavelmente pode ocasionar ofuscamento e desconforto térmico e lumínico no local, sendo necessário de algum tipo de controle da entrada dessa luz.

1.1.2 Proposta 2

A segunda proposta de intervenção propõe uma mudança no *layout*, mantendo um dos banheiros da residência na sua localização original. Além da mudança de *layout* e adição de varanda, foi analisado a proposta de uma iluminação zenital através da abertura de um poço de luz na lateral esquerda da casa. Também foi proposto uma parede vazada na circulação interna da residência de forma a contribuir na distribuição da luz nesse espaço. Observa-se que o poço de luz e a varanda trouxeram uma distribuição mais uniforme na sala de estar, provendo iluminação para a área central da casa que é a mais crítica (Figura 7).

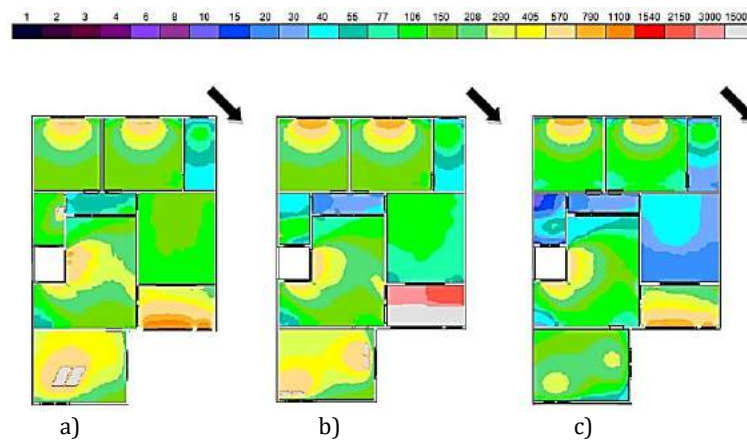


Figura 7. Proposta 2 com céu claro às (a) 9h, (b) 12h e (c) 15h no equinócio de outono. Fonte: os autores.

No verão há uma incidência maior de luz solar na fachada frontal, assim a sala de estar/jantar e a varanda chegam a receber luz direta, obtendo valores de 3000 a 15000 lux. O quarto 1 recebe mais luz natural chegando a valores em torno de 570 lux em alguns momentos do dia. De antemão a sala de estar às 9h tem o seu valor médio de iluminância de 570 lux, diminuindo um pouco às 12h atingindo o nível de 405 lux, e às 15h um nível médio entre 290 e 405 lux. Na parte da tarde os ambientes localizados na fachada frontal recebem luz direta variando de 1100 a 15000 lux a partir das 15h (Figura 8).

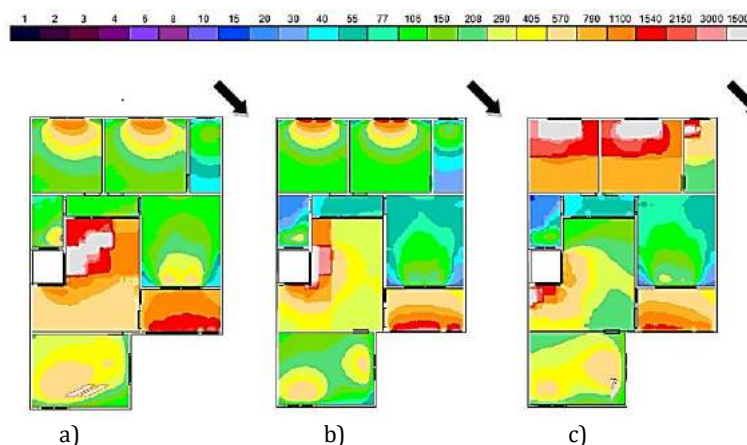


Figura 8. Às (a) 9h, (b) 12h e (c) 15h com céu parcialmente encoberto no solstício de verão. Fonte: os autores

4. CONCLUSÕES

Este trabalho investigou o uso da luz natural através de um estudo de caso em uma residência sem afastamentos laterais no bairro Vila Rubim, Vitória ES. Constatou-se que tais tipologias são representativas de outros contextos brasileiros e merecem atenção pois a falta de orientação profissional associada a dificuldade de aberturas externas nas faces do lote resultam em espaços internos desprovidos ou com baixos índices de iluminância. As medições evidenciam espaços de grande permanência com índices de iluminância bem abaixo do recomendado pela NBR 15575-1:2013. As simulações da proposta 1 e 2 permitiram a entrada de luz em todos os ambientes da casa, melhorando os níveis de iluminação nos espaços internos. Entretanto é importante enfatizar, que a qualidade da luz ainda precisaria ser melhorada em alguns ambientes como os quartos na fachada sudoeste, através da inserção de elementos que filtrassem mais a intensidade da luz, como brises ou prateleiras de luz, evitando ofuscamentos e ganhos térmicos excessivos nesses espaços.

REFERÊNCIAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013a. *NBR-8995 Iluminação de ambiente de trabalho*. Rio de Janeiro.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013b. *NBR-15575 edificações habitacionais – Desempenho*. Rio de Janeiro.
- ALBUQUERQUE, M. S. C. De & AMORIM, C. N. D. 2012. Iluminação natural: indicações de profundidade-limite de ambientes para iluminação natural no Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais – RTQ-R. *Revista Ambiente Construído*, v. 12, n.2, p. 37-57.
- ANDRADE, M.S. 2004. *Referência avaliação dos métodos de cálculos de iluminação natural através de aberturas zenitais*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria.
- CASTRO, G.N. de; LEDER, S.M.; SILVA, L.B da; SOUZA, E. L. 2015. Componentes de condução da luz natural em edifícios multifamiliares: análise de um código de obras. *Revista Ambiente Construído*, v. 15, n.2, p. 25-45.
- ESPÍRITO SANTO. 1998. Lei nº 4821, de 30 de dezembro de 1998: Código de Edificações do Município de Vitória. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano - SEDUR. Vitória.
- FAUSTINO, F.G.; SILVA, G.C; ALMEIDA, I.E.A.; NASCIMENTO JÚNIOR, J.B. 2007. Design de interiores em habitações populares: estudo de caso em habitações do Conjunto Mangabeira. VII. *Tecnologia & Desenvolvimento Sustentável*, v. 3, p. 133-147.
- FERNANDES, J. T. 2009. Código de Obras e Edificações do DF: inserção de conceitos bioclimáticos, conforto térmico e eficiência energética. 249 f. Brasília, DF, 2009. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília, Brasília.
- HOLICK, M.F. 2011. *The Vitamin D Solution: A 3-Step Strategy to Cure Our Most Common Health Problems*. Editora Plume. New England.
- MASCARÓ, L.R. 2012. *Arquitetura e Luz. Vitruvius* [On-line]. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/06.063/438>> Acesso em 19/03/2015.
- MORO, J.; KRÜGER, E.; CLARO, A. 2014. Design de interiores em habitações populares: estudo de caso em habitações do Conjunto Mangabeira. XV Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído, Proc. Intern. Maceió, 13-14 novembro 2014.
- PAGEL, E.; ULLRICH, F.; MOTTA, L.; MEMELLI, L.; RANGEL, P.; MAIOLI, R. 2008. Análise luminotécnica de edifício comercial em Vitória, Brasil. In: *Luxamerica - IX Congresso Panamericano de Iluminação*. 2008. Rosário, Argentina.
- SILVA, V.G. 2007. Indicadores de sustentabilidade de edifícios: estado da arte e desafios para desenvolvimento no Brasil. *Revista Ambiente Construído*, v. 07, n.1, p. 47-66.
- SOUZA, R.V.G. 2008. Iluminação Natural. *Revista Lume Arquitetura*, n.31, p.72-77.
- VENTORIM, Luciano [On-line]. Disponível em: <<http://www.es.gov.br/EspiritoSanto/Paginas/colonizacao.aspx>> Acesso em 25/03/2015.
- VIANNA, N.S & GONÇALVES, J.C.S. 2001. *Iluminação e Arquitetura*. UniABC Virtus. São Paulo.



Urban metabolism and food flows: The municipality of Feliz, State of Rio Grande do Sul, Brazil

Eugenia Aumond Kuhn

Centro Universitário Ritter dos Reis – UniRitter, Porto Alegre (RS), Brazil

eugeniaakuhn@gmail.com

Miguel Aloysio Sattler

Federal University of Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Porto Alegre (RS), Brazil

masattler@gmail.com

Lucas Dorneles Magnus

Federal University of Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Porto Alegre (RS), Brazil

lucas.magnus@ufrgs.br

ABSTRACT: Current food production, distribution and consumption patterns have been a central theme to the international debate on sustainable development. This theme is intrinsically linked to researches in the fields of urban agriculture and sustainable territorial planning. Examining this issue in the Brazilian context, it is crucial to understand the above-mentioned patterns when taking place in small municipalities that play a central role in the Brazilian system of food supply, at the same time that suffer the environmental impacts generated by such production. These relationships, if better understood, may help to guide these municipalities towards a more sustainable territorial planning. With basis on such understanding, this paper objective is to analyze the food flows in the municipality of Feliz, in the State of RS, adopted as a research case study, and their environmental implications. Studies aimed at understanding the relationship between resource flows and environment impacts are usually conducted with the aid of the concept of urban metabolism and use the Material Flow Analysis (MFA) method, which was adopted in the research. Data gathering and processing required the development of specific procedures, suitable for the data format available in the Brazilian context, which were obtained from statistical and local sources and locally available electronically issued invoices. Some main results can be highlighted: (a) the quantification of one-year food flows in the municipality; (b) the identification of food production and consumption patterns and (c) the analysis of the related environmental impacts associated to contamination and waste generation.

Keywords *Urban metabolism, food production, Material Flow Analysis (MFA).*

1. INTRODUCTION

The history of cities is deeply related to history of food production, as the surplus production of the fields was a requirement for the city's emergence (Agudelo-Vera et al. 2011). It also can be said that the relationship between food production and cities have been in a continuous change along the centuries and that both developments determine significant pressure on the environment. With the growth of urban population, its demand also grew, in such a way that the different societies started to create complex social and infrastructure systems to provide resources and services for these high density populated areas (Lee, 2006 apud Agudelo-Vera et al. 2011). Initially, a significant proportion of the demanded resources was extracted from the cities' surroundings, that became dependent of food supply from the surrounding rural areas, as well as from other resources, such as fibers, oil and construction materials (Billen et al. 2008).

Changes that occurred in the last century, like the population growth in large cities, the relatively low cost of transport, the global economy marked and the food preservation techniques promoted a previously unseen expansion in the agricultural market, together with a considerable spread of the cultivation areas (Billen et al. 2008). Between 1950 and 1985, the world population doubled and the global production of food grew almost three times (Agudelo-Vera et al. 2011). As a result, the supply network and consumption became much more complex. But, certainly, cities, and particularly the large ones, did not reduce their dependency from the agricultural areas, wherever where they located.

The high pressure made by the urban markets, thus required new production solutions and significant changes in the rural areas. The environmental impacts of such increase in the production scale were, at least, of the same order. According to Wirsenius (2003), the food and agriculture system is among the largest anthropogenic activities in terms of appropriation of land and biological primary production, as well as alteration of the grand biogeochemical cycles of carbon, water, and nitrogen. Moreover, the connections between the origin of the demands and the final environmental impacts became much more difficult to be identified.

These profound transformations have had a major influence on the urban metabolism, as pointed by Barles (2007). The term urban metabolism emerged a few decades ago, from the recognition that, in analogy to natural systems, the urban systems can also be understood as having a metabolism. Such concept was first used by Wolman (1965), who analyzed and quantified the overall flows of energy, water, materials, and wastes into and out of a hypothetical American city. Since then more than 20 studies have been conducted applying the metabolic approach to real cities, municipalities and metropolitan areas. The most recent studies on urban metabolism adopted the Material Flow Analysis (MFA) method, which accounts for flows of materials and energy, usually in units of mass, entering and leaving a society or economy.

It should be stressed that most of the previous studies focused on the totality of flows (not only on food flows) occurring in a city, municipality or metropolitan region. In addition, given the profile of the already investigated localities, such as metropolis or cities with regional centrality, the food flows are almost exclusively imports for citizens' consumption, as the local production is nearly null. In other words, when one tries to

understand the role of the different profiles of cities and municipalities, in face of a food and agriculture system, the results of such studies only allow to visualize the “consumption tip” of the whole chain of supply and consumption. On example of such a study is the one conducted by Barles (2009), for Paris.

Only a reduced number of studies have been focused on the investigation of agriculture specific flows. According to Wirnesius (2003), in general terms, there has not been an emphasis on explicit descriptions of the physical flows associated to a food system. In particular, physical descriptions, with basis on mass and energy units, are very rare. The majority of studies do not cover the main flows in the food system. In spite of the production, distribution and consumption patterns constitute a central topic in the international debate on sustainable development, physically coherent descriptions and analysis of the food and agriculture systems, in relation to the flows, resources use and process efficiency (such as those related to livestock food production) are relatively scarce (Wirsenius, 2003).

Identified the knowledge gap, the objective of this paper is to present an analysis of the food system and flows and their environmental implications, in the municipality of Feliz, in the State of Rio Grande do Sul, Brazil, that was adopted as a research case study. The study included: (a) a quantification of the municipality’s food flows over a one year period; (b) the identification of food production and consumption patterns; (c) the analysis of environmental impacts related to land contamination and residues generation.

The choice of the case study resulted from the analysis of the Brazilian context, where the small municipalities, that perform a central issue in the food supply system, are the ones that have to withstand the environmental impacts derived from its production. As practical contributions of this study, it is believed that a deeper comprehension of the food and agriculture system flows and their relation with potential environmental impacts can help to generate guidelines toward a more sustainable territorial planning for these municipalities.

2. METHOD

2.1 The municipality of Feliz

The municipality of Feliz was selected as representing the reality to be investigated. It has a total area of 95,372 Km² and has its economy almost equally distributed among the primary, secondary and tertiary sectors (Prefeitura Municipal de Feliz - PMF, 2013). The analyzed food flows considered data from the year 2011, when the municipality estimated population was of 12,421 inhabitants.

The primary sector is composed by 720 agricultural properties (PMF, 2013), with activities related to horticulture and livestock, with emphasis on poultry. The production of chicken meat of is characterized as integrating an “integrated cycle”, where the animals are raised in small properties, being sold to one or more industries located in the surroundings. In this system, the industrial sector provides support to the farmers, supplying the animal’s food, technical assistance e veterinary services. This integrated system is a characteristic of the Brazilian livestock system. According to Tanimoto (2010), in 2010, Brazil was the world largest exporter of chicken meat, that is the animal

commodity highest level of trading by the country. Between 1997 and 2005 the exports of chicken meat grew five times, from 673 thousand tons to 2.9 million ton.

2.2 General approach and estimated flow categories

On the same way as in recent studies, the procedures adopted here were based in the general approach of Material Flow Analysis (MFA) methods. It is conceptually grounded on a model that relates human systems and environment, considering the first included in the second (EUROSTAT, 2001). The food system of the municipality of Feliz is understood as connected to the natural environment of the municipality and to other systems (municipalities), by flows of materials.

According to such model, cities and municipalities and their subsystems are open systems, dependent on the external environment to supply part of their functions, by provision of resources and assimilation of residues (Bai, 2007). All resources required by systems are called *inputs*, that come from the environment (category extraction), or from other systems (category importation). All materials that leave the system are called *outputs*, that can be extracted or processed locally and later exported (category exportation) or can be expelled materials, after being “metabolized” (category emissions to nature / residues).

The administrative limits of the municipality of Feliz, in 2011, were taken as the geographic and temporal limits of the study (analyzed system). In Brazil, the municipalities are considered as the territorial administrative units with the lowest position in the political hierarchy. A number of consumption and production estimates aimed at identifying, along a year, the main inputs and outputs in relation to the food municipal system. No consideration is given in the study to the circulation of materials inside the system. All flows are measured in mass units (tons) as it enables comparisons. Food flows include not only the consumed food, but also the wastewater generated by the population, as well as the main input and output flows related to agriculture.

In such a way to better describe all importation, extraction and exportation flows some subcategories were created to better identify them. Its hierarchy followed a classification system adopted by countries integrating MERCOSUL, known as Nomenclatura Comum do MERCOSUL (NCM). This system is based on the Harmonized System (HS), that is the international system for classification of commodities, based upon a structure of codes e corresponding descriptions (Brasil. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, 2012).

With regard to residues flows there is smaller number of subcategories, as the resources tend to be mixed after being “metabolized”. The discrimination of flows categories, as well as the procedures to their estimate and the adopted sources of data are presented in the following section.

2.3 Data collection and estimates

The first column of Table 1 identifies what flow categories estimates were adopted, while the second indicates the procedures and sources of data. As previously mentioned, all collected data refer to 2011, with exception of some agricultural flows, where some data were extracted from Brazilian statistics referring to 2006 (IBGE, 2007), considering that

the annual Municipal Agriculture Studies (PAM – IBGE), do not include the totality of cultivated cultures.

Human consumption was estimated, by product, in accordance with EUROSTAT (2001), where:

$$\text{CONSUMPTION} = \text{EXTRACTION} + \text{IMPORTATION} - \text{EXPORTATION}$$

Table 1. Estimated flow categories, adopted procedures and source of data

Categories and subcategories of flows	Data sources and references for making estimates
Domestic extraction Harvesting of fruits and vegetables; pastures	Data was obtained from Brazilian statistics (IBGE, 2007, IBGE, 2012) .
National imports and exports Subcategories corresponding to the Sections I to V of the NCM system.	They are material flows between Feliz and other Brazilian municipalities. Data was obtained from records in electronic invoices supplied by State agency SEFAZ (Finance Secretariat of Rio Grande do Sul). It includes all food products and agricultural inputs traded between commercial establishments of Feliz and other Brazilian municipalities. Original data, dismembered at the product level, were grouped according to their position in NCM system. Products that are not registered in any mass unit were converted using an average mass related to each MCN code. The mass averages were extracted from another database, conceived and created in this study and based on data supplied by a government agency responsible for the fiscal control of imports (Federal Revenue of Brazil). Due to the number of products to be converted, conversions were automated with the aid of software developed in this research.
International imports and exports	They are material flows between Feliz and other countries. Only seedlings are imported. There are no direct international exports of food products. Data was obtained from Foreign trade records (Brasil. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, 2012).
Emissions and waste	
Dissipated flows	Includes <i>fertilizers, pesticides and seeds</i> . They were considered equivalent to the inputs in 2011.
Wastewater	Annual individual production estimated, on a dry basis, according to Ercole (2003). It was multiplied by the number of inhabitants. The input of liquids drunk by the population (drinks and beverages) was computed in outputs as the liquid fraction of wastewater. As the fraction of water used in toilet flushing, showers and sinks were not considered in inputs, it is also not computed in the outputs.
Animal wastes	Daily individual animal production estimated, on a dry basis, according to Hahn (2004). It was multiplied by the number of registered animals, considering the time that each animal species, associated to local livestock, remained in Feliz.

3. RESULTS AND DISCUSSION

The following three sections present, respectively: the total flows in the food system of the municipality of Feliz; the population consumption patterns; the environmental impacts associated to wastes generation.

3.1 Total food flows and production patterns

Figure 1 presents the total food flows in the municipality of Feliz, in 2011. Following the model described in section 2.2, the food system is located in the center of the figure, being surrounded by the local nature. This system is physically delimited by the municipality's territorial limits (shown by the dotted external line). The arrows at left represent input flows, while the arrows on the right of the figure represent outputs. Flows originating from the nature in Feliz are considered extraction, while those that come from other municipalities identify imports. In addition to the flows separation according to their

origin and destination, they were also divided in three groups: (a) in black, in the top, are the livestock flows, where consumption and production flows are characterized, (b) in dark gray, the horticulture flows, with corresponding consumption and production; (c) in light gray, at the bottom of the figure, are the commerce and food related industrial sectors flows. In the last group, the imports are either resold for local consumption or used as input by small scale food industries. The developed method did not allow for the separation of these last flows.

The total food flows show a total input of 114,096.90 t of materials. From this, 97,182.03 t are related to food imports and inputs into agriculture and 16,914.87 t are linked to extraction (including pastures for the livestock sector and other products harvested in the rural area of the municipality). The total output is 87,080.7 t, where 66,843.51 t are associated to exports and 20,237.19 t are residues released to nature.

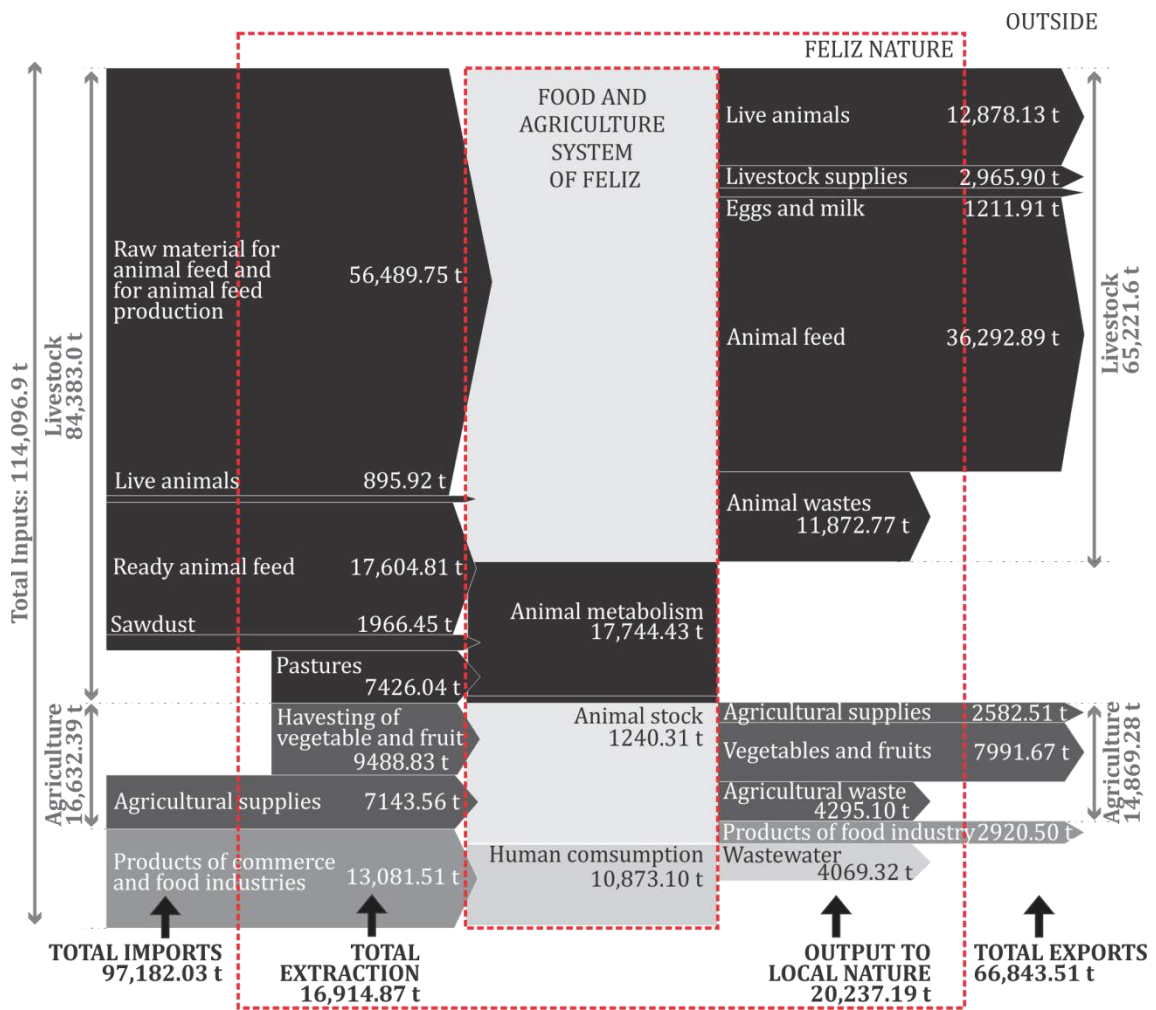


Figure 1: Total flows related to food and agriculture system of Feliz, in 2011, in tones.

The flows identified inside the Food and Agriculture System of Feliz (inside the dashed line) correspond to animal stock and human consumption, totaling, respectively, 1,240.31 t e 10,873.10 t. The animal stock identifies the livestock both born or being raised in the municipality, either for local consumption or for future exportation.

The above referred total food flows can be compared to the total material flows, occurring in 2011, as found by Kuhn (2014), in her PhD thesis. According to Kuhn, the total

materials input into the municipality in 2011 resulted in 347,453.32 t. Thus, the total food input, of 114,096.90 t, represent 32.8% of the total materials input. Almost exactly proportion (33%) was represented by the fraction of food output (87,080.7 t) when compared to total materials output (263,855.5 t).

Looking at the production patterns, it can be noticed that livestock flows are higher than those associated to the other agricultural sectors and even to the flows associated to commerce and food industries, representing 74% (84,383.0 t) of total inputs and 74.9% (65,221.6 t) of total outputs. The group of materials with higher contribution in this sector is that related to raw materials for livestock feeding, representing, on its own, 49.7% of total inputs. This group of materials, composed by corn, soya bean, residues of poultry industry, grain bran and husk, limestone, salt and bicalcium phosphate, gets into the livestock productive system as components of rations and partly is used to feed directly the animals. Also significant is the input of manufactured rations that, together with pastures, are directed to livestock feeding.

The output of livestock products is identified as rations or rations constituents, live animals and animal derived products. The most significant materials group is that of ready rations, representing 41.7% (36,292.89 t) of total output. A more detailed analysis of the results showed that the municipality of Feliz has poultry establishment where rations are prepared to further distribution among producers in the neighbor municipalities. The second major contribution to exports is associated to live animals (mostly chicken) that are sold to slaughterhouses in other municipalities.

Figure 1 also shows a subcategory named animal metabolism, identified by a value that corresponds to the difference between the food consumed by the animals and the sum of live animals total exports in addition to the total of animal excrements locally produced. This large difference between inputs and outputs in animal sector is made clear when looking at the food conversion values. For bovines, for example, an average conversion value of 7.5 kg of dry mass/kg of weight increase was adopted (Rodrigues & Cruz, 2003).

Horticulture is the second major determinant of material flows. It requires the import of raw materials and supplies (7143.56 t), that contributes to the production of fruits and vegetables (9488.43 t). From the total horticulture production 84.2% (7991.67 t) is exported and the rest is consumed locally. A fraction of the imported raw materials and supplies for horticulture is sold to other municipalities.

The flows associated to commerce and food industries include, mostly, processed food for human consumption in the municipality of Feliz. The small outputs (2920.50 t) of this sector are connected to the production of small local food industries.

3.2 Consumption patterns

The total food consumption by the population, in 2011, was estimated as 10,873.10 t, what means a per capita consumption of 875.38 kg. Comparing the results shown in Figure 2 with the NCM system classification of products categories it can be seen that 48% of the total consumption is associated with industrialized food; 34.5%, are horticultural products; 16.3%, are animal derived products; 0.9%, are fat and cooking oils and 0.3%, minerals (salt). Beverages, mostly soft drinks (157.48 Kg/cap) and beer (89.22 Kg/cap), are the individual products identified as having the highest consumption by the

inhabitants of Feliz. These are followed by vegetables (111.37 Kg/cap), milk and its derivatives (86.23 Kg/cap) and fruits (84.71 Kg/cap).

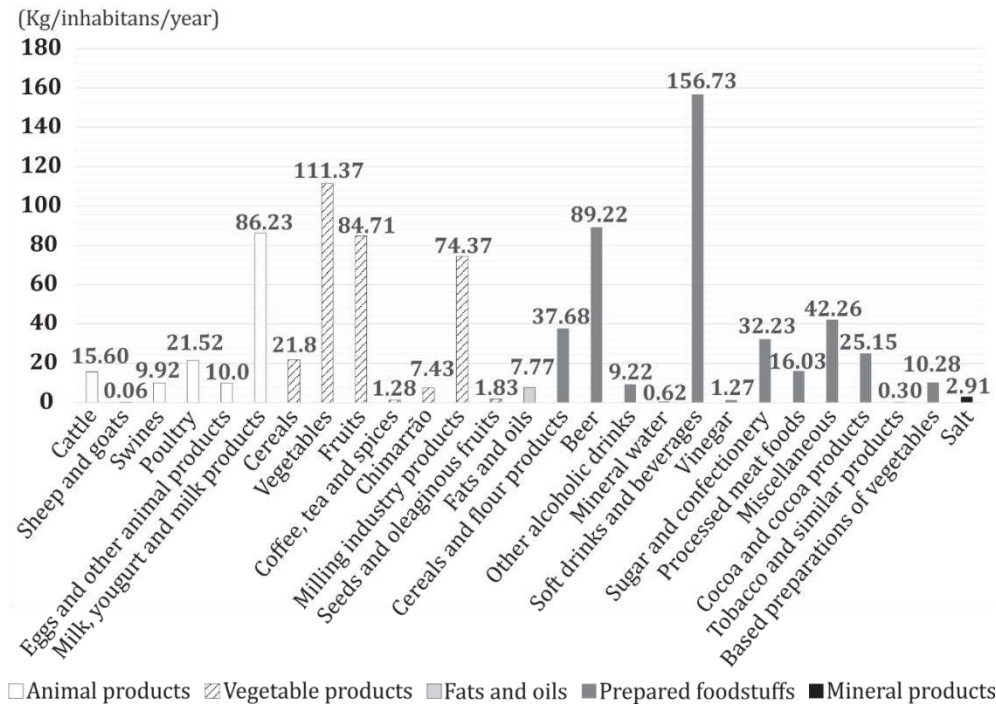


Figure 2: Categories of food consumption, in kg per capita, by the population of Feliz, in 2011.

3.3 Residues and their environmental impacts

Table 2 quantifies the residues generated, according to the type of production. The solid residues generated by livestock represent 58.6% of the total residues produced by the food and industrial agriculture chains in the municipality of Feliz. Among these residues, those of poultry are the most significant. The highly industrialized system of poultry production requires almost exclusively industrialized food for feeding. At the same time, the confinement of the animals required the use of antibiotics and other chemical products to reduce the risks associated to pathogens. This production system started to be questioned in the 90's, in respect to whether the use of animal excrements would be suitable for bovine feeding or for soil fertilization, due to the associated emerging contaminants (Hahn, 2004).

Table 2. Generation of solid residues in Feliz,

Source of residues	Residues (ton)
Livestock	11,872.77
Poultry litter wastes	7840.65
Swine manure	1340.79
Beef cattle manure	1753.45
Dairy cattle manure	514.49
Laying hens manure	386.57
Residues from other animals in rural area	36.82
Agriculture	4295.10
Fertilizers and soil acidity correctors	3872.24
Herbicides, fungicides, etc.	422.86
Wastewater (see estimates on Table 1)	4069.32

Both the agriculture and human residues are similar in terms of quantity, although with a very different composition. The agriculture residues include fertilizers, soil acidity

correctors, herbicides and fungicides that are dissipated into nature, contaminating soils, atmosphere and waters.

The municipality of Feliz, in its Environmental Plan 2007, recognized this contamination and stressed the bad management of used agriculture toxic product's packaging as one problem to be faced (PMF, 2007). Domestic effluents also are constituted, predominantly, by organic matter. As such, the risk of environmental contamination, in this case, is related to the bad management of such effluents. According to IBGE (2010), from the 4182 permanent households, 32% were served by a rudimental soakaway; 53% had a septic tank and 14% were served by domestic sewers, piped directly into the local Caí River.

4. CONCLUSIONS

This paper presented a quantification of food flows and an analysis of the food system of the municipality of Feliz, in the State of Rio Grande do Sul, as well as an analysis of the environmental implications related to local wastes generation. The authors are unaware of any previous study in the same direction, in Brazil. As a contribution to knowledge, the paper also presents a method for performing such estimates, with basis on methods that consider the urban metabolism, as a whole. The method allows assessing the participation of the food system in comparison to the other systems present in the municipality.

It was concluded that the flows in the food system are relevant, when compared to the overall flows occurring in the municipality, being responsible for about one third of the total mass of the input and output flows. As far as the production patterns are concerned, the livestock flows represent about 75% of the inputs and 80% of the outputs of the food system.

In relation to consumption, it was observed that the population of the municipality requires, in absolute values (in terms of mass) similar quantities to those of several Brazilian capital cities. When compared the consumption and production of food for humans, it was noticed an excess quantity of production of 83% (8290.6 t), when the fraction of food resulting from animal production is considered. It was also noticed that, occupying only 22% of the total area of the municipality, the horticultural production reached a total mass that is 3.9 times higher than that consumed by local population. This does not imply that the municipality is self sufficient in terms of food, as it produces a limited number of products, most of them being not locally industrially processed, and it imports the majority of products having its origin in the food industry.

With regard to residues, it can be said the total mass with origin in the agriculture and livestock systems are significant, when compared to those food system sectors that do the conversion of raw products into industrially processed ones. Although being more significant, the livestock residues are much more easily managed than those from agriculture that usually are dissipated into the environment and can be toxic.

A general analysis of the food system of a municipality, as the one performed in the present study, allow planers and managers to identify and propose strategies connecting flows from different sectors, in such a way to migrate from a model of linear metabolism to one almost circular. For example residues from one sector, such as manure, can used as resources, as a fertilizer, into agriculture, thus replacing chemicals and saving money.

Studies like this allow the evaluation the food (in)dependency of a municipality and the establishment of guidelines to increase its resilience. Furthermore, they can create opportunities to develop regional or national policies that contribute to the evaluation of the environmental management strategies in use in municipalities with different profiles and can help to the creation of specific policies. Such actions enabling practical application of studies like the present one, are considered of fundamental importance to achieve more sustainable cities and municipalities.

REFERENCES

- Agudelo-Vera, C. M.; Mels, A. R.; Keesman, K. J.; Rijnaarts, H.M. 2011. Resource management as a key factor for sustainable urban planning. *Journal of Environmental Management*. n. 92, p. 2295-2303.
- Bai, X. 2007. Industrial Ecology and the Global Impacts of cities. [Editorial]. *Journal of Industrial Ecology*, v. 11, n. 2, p. 1-6.
- Barles, S. 2007. Feeding the city: Food consumption and flow of nitrogen, Paris, 1801–1914. *Science of the Total Environment*. V. 375. p. 48–58
- Barles, S. 2009. Urban Metabolism of Paris and Its Region. *Journal of Industrial Ecology*, v. 13, n. 6, p. 898–913.
- Billen, G.; Barles, S.; Garnier J.; Rouillard J.; Benoit, P. 2008. The food-print of Paris: long-term reconstruction of the nitrogen flows imported into the city from its rural hinterland. *Regional Environmental Change*, v. 9, n. 1, p. 13–24.
- Brasil. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. 2012. *Nomenclatura Comum do MERCOSUL – NCM*. Brasília.
- Ercole, L. A. dos S. 2003. *Sistema modular de gestão de águas residuárias domiciliares: uma opção mais sustentável para a gestão de resíduos líquidos* (Modular System of Conduct of Domestic Sewage. One More Sustainable Option for Conduct of Liquid Sewage). (Master's thesis, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil).
- Eurostat. 2001. Economy-wide material flow accounts and derived indicators. A methodological guide. Luxembourg: *Statistical Office of the European Union*.
- Hahn, L. 2004. *Processamento da cama de aviário e suas implicações nos agroecossistemas* (Process of poultry litter and their implications in the agroecosystems). (Master's thesis, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brazil).
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. 2007. *Censo agropecuário 2006* (Agricultural Census 2006). Rio de Janeiro. IBGE.
- IBGE. 2010. *Censo Demográfico 2010* (Demographic Census. 2010). Rio de Janeiro: IBGE.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. 2012. *Produção Agrícola Municipal - PAM, Feliz - RS* (Municipal Agricultural Production - PAM, Feliz - RS) [data file]. Retrieved from <http://www.sidra.ibge.gov.br/> (in Portuguese).
- IBGE. 2012b. *Produção pecuária municipal - PPM, Feliz*. Banco de dados da FEE.
- Kuhn, E. A. 2014. *Metabolismo de um município brasileiro de pequeno porte: o caso de Feliz, RS* (Metabolism of a small brazilian municipality: Feliz, RS, case study). (Doctoral thesis, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil).
- Prefeitura Municipal de Feliz – PMF. 2007. *Plano Ambiental. Feliz*: Prefeitura Municipal de Feliz.
- PMF. 2013. Prefeitura Municipal de Feliz. Retrieved from: <http://www.feliz.rs.gov.br/municipio/economia/>. Acesso em: 5 mar. 2013.
- Rodrigues, A. A. & Cruz, G. M. 2003. *Comportamento Social dos Bovinos e o uso do espaço*. Embrapa Pecuária Sudeste. Sistemas de Produção, 2. ISSN 1679-1495 [Online version].
- Tanimoto, A. H. (2010). *A economia medida pela Análise de Fluxos de Massa (AFM): A desmaterialização da economia nos países desenvolvidos sustentada pelos recursos naturais dos países emergentes, a exemplo do Brasil* (The economy as measured by the Material Flow Analysis (MFA): The dematerialization of the economy in developed countries sustained by natural resources from emerging countries such as Brazil). (Doctoral thesis, Universidade de Brasília, Brasília, Brazil). Retrieved from <http://hdl.handle.net/10482/6946>. (in Portuguese).
- Wirsenius, S. 2003. *The Biomass Metabolism of the Food System*. A Model-Based Survey of the Global and Regional Turnover of Food Biomass. *Journal of Industrial Ecology*. v. 7, n. 1, p. 47-80.
- Wolman, A. 1965. *The metabolism of cities*. *Scientific American*, v. 213, p. 179–190, 1965.



Avaliação do PMCMV pela metodologia “Sustentabilidade e Qualidade da Forma Urbana”

Maria Raquel Barbosa Duarte

University of Brasília, Architecture and Urbanism College, Brasília (DF), Brazil
mraquelbd@gmail.com

Liza Maria Souza de Andrade

University of Brasília, Architecture and Urbanism College, Brasília (DF), Brazil
lizamsa@gmail.com

RESUMO: O Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) do governo federal brasileiro promoveu a construção de habitação social em todo o país. Há muitos ajustes a serem feitos, entretanto, não há entre os gestores uma cultura de avaliação para a melhoria. Em relação à escala urbana, os bairros construídos mantem soluções inadequadas que comprometem os recursos ambientais e também os aspectos econômicos, sociais e culturais. A metodologia avaliativa “Sustentabilidade e Qualidade da Forma Urbana”, faz parte do trabalho do grupo de pesquisadores da FAU/UnB, no âmbito da Chamada Pública MCTI/CNPq/MCIDADES N° 11/2012, para monitoramento, avaliação, e aprimoramento do PMCMV. Inicialmente, aplicou-se a metodologia nos estudos de caso os empreendimentos Jardins Mangueiral no Distrito Federal e Residencial Bethel na RIDE, em Goiás. Ambos provaram insustentáveis e falta de qualidade do desenho urbano. Este artigo apresenta a avaliação de mais um empreendimento do PMCMV, o Parque do Riacho (DF). A análise da qualidade de projeto urbanístico foi feita em quatro esferas: ambiental, econômica, social e quanto à macrodimensão cultural e emocional. Verificou-se desempenho positivo somente para a sustentabilidade econômica. Assim, confirma-se o resultado geral de insustentabilidade obtido nas análises precedentes. Em relação à qualidade urbana e arquitetônica, fica claro na literatura, e é confirmado pelos resultados deste estudo, como o PMCMV é visto como uma moradia intermediária entre a situação precária, ou necessidade de reassentamento, e a habitação definitiva.

Keywords *Avaliação, qualidade da forma urbana, sustentabilidade*

1 INTRODUÇÃO

O Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), foi concebido com duplo papel: dinamizar a economia ao mesmo tempo em que reduz o déficit habitacional, baseando-se exclusivamente na produção de propriedades privadas individuais. A produção dessas habitações de interesse social trouxe diferentes resultados em cada localidade, tendo em vista a influência dos gestores locais, das características legais e espaciais dos terrenos onde os empreendimentos foram realizados, da forma de seleção dos beneficiários, entre outros fatores. Mesmo acarretando em benefícios aos moradores, trouxe impactos aos aspectos socioculturais das comunidades e ao meio ambiente.

A determinação de êxitos e dificuldades do PMCMV pressupõe a definição de parâmetros capazes de avaliá-las como parte desse todo que é a política habitacional de interesse social em âmbito nacional, ao mesmo tempo em que considere suas particularidades locais. As avaliações possibilitam a melhoria da política em si, mas também fornecem informações importantes em âmbito local, para que os empreendimentos efetivamente atinjam seus objetivos.

A definição de uma metodologia de análise auxilia a administração pública na melhoria da qualidade dos empreendimentos. Buscou-se uma metodologia que permita uma análise aprofundada ao mesmo tempo em que possa ser aplicada em diversas localidades, possibilitando a comparação de experiências e resultados. Assim, é apresentada e descrita a metodologia de avaliação “Sustentabilidade e Qualidade da Forma Urbana”, elaborada por pesquisadoras da FAU/UnB, a qual integra aspectos de sustentabilidade, urbanidade e habitabilidade. Assim, os parâmetros abordam as questões urbanísticas, e não contemplam somente a questão ambiental (ANDRADE, 2015).

Essa nova metodologia incorpora uma visão ampliada das dimensões da sustentabilidade urbana, sob os aspectos ambientais, sociais, econômicos, culturais e afetivos. Foi concebida para ser replicada em contextos diferenciados, constituindo-se em um documento de referência para a avaliação de empreendimentos. A metodologia foi inicialmente aplicada em dois casos: Jardins Mangueiral/DF e Residencial Bethel/GO, visando a testá-la. (BLUMENCHEIN et al (org.), 2015) Os resultados obtidos em ambos os casos evidenciaram total insustentabilidade dos empreendimentos. (ANDRADE et al, 2015).

Nesse artigo apresentaremos os resultados de mais uma verificação da sustentabilidade e qualidade da forma urbana, feita no empreendimento do PMCMV Parque do Riacho/DF. A referida metodologia propõe a análise de verificadores que compõem indicadores relacionados a critérios, o quais são organizados por princípios de sustentabilidade. Os resultados obtidos para o Parque do Riacho, comparados com aqueles obtidos nas duas aplicações iniciais da metodologia, evidenciam maior qualidade em alguns aspectos, mas um resultado geral também insustentável.

Em relação à qualidade urbana e arquitetônica obtida no PMCMV, fica claro na literatura (Cardoso et. Al apud Amore, 2015), e é confirmado pelos resultados obtidos na análise do empreendimento Parque do Riacho, a forma como o PMCMV é visto como um abrigo intermediário entre a situação precária ou necessidade de reassentamento e a moradia definitiva que o usuário irá buscar quando tiver melhores condições financeiras.

2 A METODOLOGIA DE ANÁLISE DO PROJETO URBANÍSTICO “SUSTENTABILIDADE E QUALIDADE DA FORMA URBANA”

Foram realizados estudos a respeito do PMCMV nos quais os pesquisadores definiram abordagem, escala e mesmo metodologia próprias, de acordo com a realidade específica que analisaram, o que incentivou diversas reflexões e aprofundamentos. (AMORE et al (org.), 2015). O grupo de pesquisadores da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, no âmbito da Chamada Pública MCTI/CNPq/MCIDADES Nº 11/2012 do Ministério das Cidades, ocupou-se primeiramente do desenvolvimento de uma metodologia que possa ser aplicada em diversas realidades, capaz de oferecer dados sistematizados para melhorar a gestão e o desenho do programa PMCMV.

A metodologia “Sustentabilidade e Qualidade da Forma Urbana” prevê a avaliação em duas escalas, urbana e arquitetônica. Para a escala urbana, são 17 princípios, 41 critérios, 92 indicadores e 104 verificadores organizados em 4 tabelas. O resultado de cada dimensão é considerado sustentável se a maioria dos verificadores for positivo. O processo de construção da metodologia e da interação de referenciais teóricos foi feita conforme o fluxograma a seguir:

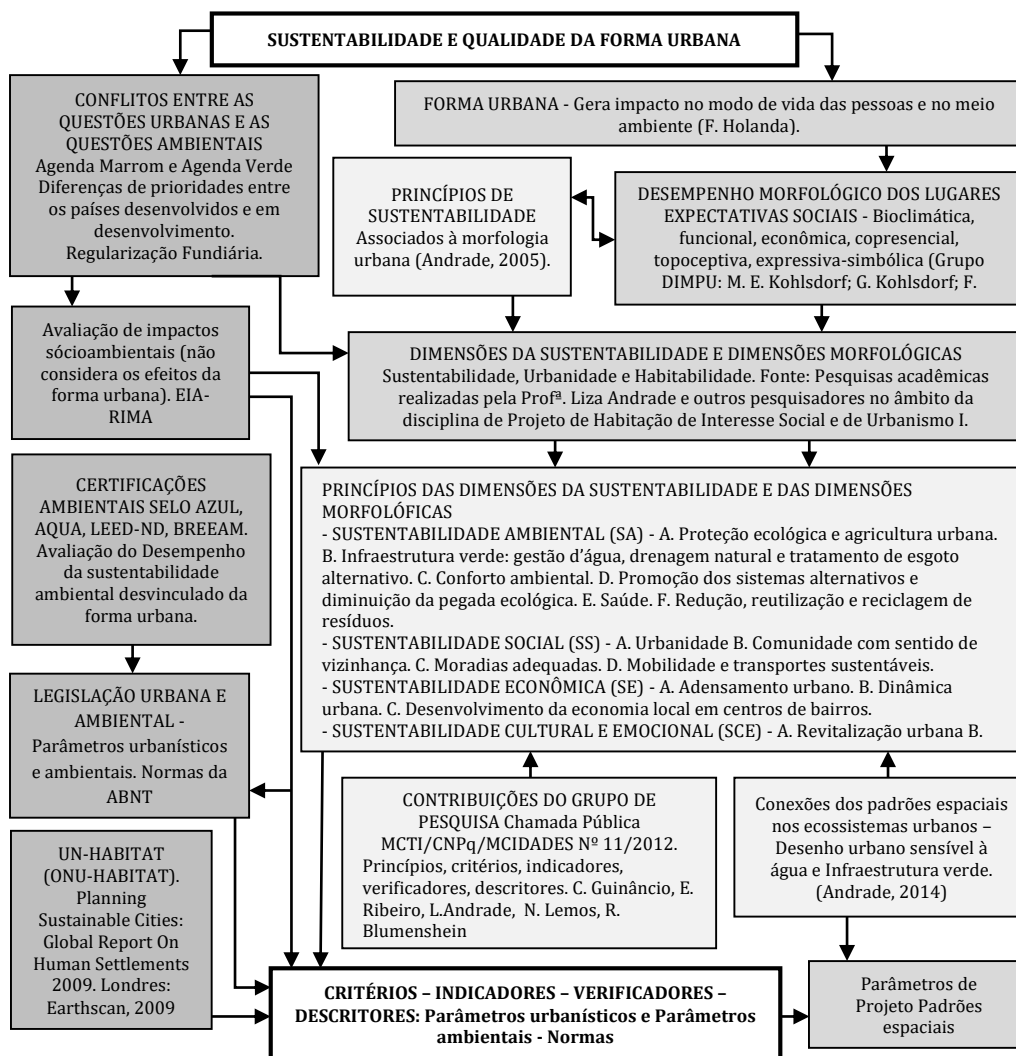


Figura 1 Fluxograma de construção da metodologia de análise do projeto urbanístico (Sustentabilidade e Qualidade da Forma Urbana). Fonte: Andrade; Lemos, 2015

2.1 Os princípios de sustentabilidade

São aqueles que podem orientar diretamente a implantação e a recuperação de comunidades urbanas, trazendo impactos significativos e de longo alcance no seu desenvolvimento econômico e na saúde social e ambiental. (ANDRADE, 2014) Eles foram adaptados de Dauncey e Peck (2002), que investigam atributos ou princípios associados à morfologia urbana. São 12 Princípios de Sustentabilidade, a partir dos quais foram elaborados indicadores para a análise de empreendimentos do PMCMV: proteção ecológica (biodiversidade); adensamento urbano; revitalização urbana; implantação de centros de bairro; desenvolvimento da economia local; implementação de transporte sustentável; moradias economicamente viáveis; comunidades com sentido de vizinhança (habitáveis); tratamento de esgoto alternativo e drenagem natural; gestão integrada da água; energias alternativas; e políticas baseadas nos 3R's (Reduzir, Reusar, Reciclar).

2.2 Qualidade da forma urbana

Holanda e Kohlsdorf (1996, apud Andrade et al., 2015) afirmam que o espaço deve ser entendido como qualquer espaço físico socialmente conquistado pela presença de pessoas. O método desenvolvido por eles consiste na avaliação do espaço quanto às suas expectativas sociais, sendo que essas possuem prioridades diferentes para cada grupo ou indivíduo em questão e a classificação de tais expectativas sociais gera a taxonomia ponderada aos lugares, relacionada às dimensões morfológicas: funcional; bioclimática; copresencial; topoceptiva; econômica; e expressiva e simbólica.

3 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE ANÁLISE DO PROJETO URBANÍSTICO QUANTO À SUSTENTABILIDADE E QUALIDADE DA FORMA URBANA

O Governo do Distrito Federal (GDF), por meio do Programa Morar Bem, implementou o PMCMV no DF, mas a oferta de habitações não aconteceu nas Regiões Administrativas (RA) mais próximas ao centro, Brasília. (Figura 2). Este Programa foi determinante para ocupação e consolidação do Riacho Fundo II. A Etapa 1 refere-se à área inicialmente ocupada irregularmente, a qual passou por processo de regularização. As demais etapas- 2 a 5- eram áreas previamente desocupadas, e foram construídas no âmbito do PMCMV. A Etapa 5, denominada Parque do Riacho, é o empreendimento analisado nesse artigo.

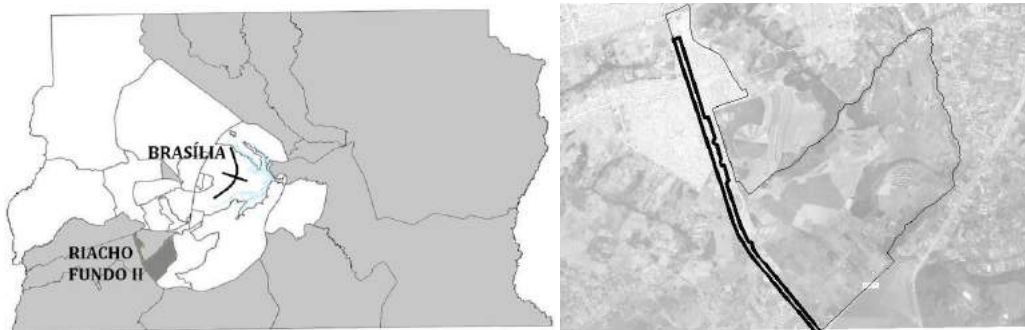


Figura 2 O Programa Morar Bem no DF abrange RAs mais distantes de Brasília. Fonte: Elaborado pela autora a partir de Sedhab/CODHAB, 2013 e Figura 3 Localização do empreendimento Parque do Riacho na RA Riacho Fundo II. Fonte: Elaborado pela autora a partir de Mapa 12 ECOTECH - RIAC, 2012.

O Parque do Riacho possui grande extensão e quantidade de habitações, dispostas em 42 condomínios em conformação urbana linear. Mesmo assim, optou-se por avaliar o

empreendimento como um todo e não se ater somente à configuração de cada condomínio. Esse entendimento vem sendo adotado em outras pesquisas para retratar mais fielmente sua materialidade urbanística, inclusive em casos de operações adjacentes, chamadas “empreendimentos contíguos” (ROLNIK et al apud AMORE et al, 2015).



Figura 4 Configuração urbana linear do Parque do Riacho. Fonte: foto da autora, 2015.

O Parque do Riacho foi construído pela empresa JC Gontijo, convocada no Edital de Chamamento 15/2011 da Sedhab-GDF. São ao total 5904 apartamentos destinados às faixas 2 e 3 do PMCMV, com somente duas opções de planta, de 2 ou 3 quartos. São previstos espaços públicos intercalados aos condomínios, compostos de praça e equipamentos comunitários. No momento da avaliação do empreendimento, as obras estavam em andamento, com 40% das unidades entregues.



Figura 5 imagem do projeto para o Parque do Riacho - 2 condomínios e área pública. Fonte: Mais Engenharia, 2014

Para resposta objetiva aos verificadores propostos pela metodologia, foram consultados documentos referentes ao projeto urbanístico e estudos ambientais para a área, dentre os quais o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), de 1992, e consecutivos Relatórios de Impacto Ambiental Complementar (RIAC) de 2000 e 2012. Foram utilizados também imagens aéreas, o projeto urbanístico e feitas visitas ao local. As quatro tabelas a seguir, elaboradas a partir da análise dos verificadores propostos pela metodologia utilizada, sintetizam os resultados obtidos na pesquisa.

Tabela 1 Sustentabilidade e Qualidade Da Forma Urbana - Avaliação da Sustentabilidade Ambiental

Princípios	Critérios	Avaliação			
		Não	N/A	Sim	N/R
A. Proteção ecológica e agricultura urbana	A.1 Cumprimento da legislação ambiental			■	
	A.2 Compatibilização dos zoneamentos (urbano, ambiental e balanço hídrico)			■	
	A.3 Proposição e respeito à corredores ecológicos	■			
	A.4 Provimento de áreas para agricultura urbana e paisagismo produtivo	■			
B. Infraestrutura verde: gestão d'água, drenagem natural e tratamento de esgoto alternativo	B.1 Desempenho eficiente do ciclo da água no solo urbano	■			
	B.2 Equilíbrio entre vazões de cheias, altas e vazões de seca			■	
	B.3 Desenho urbano adequado ao terreno natural		■		
	B.4 Provimento da ecoeficiência e biodiversidade	■			
C. Conforto ambiental	C.1 Conforto térmico, luminoso e acústico			■	
	D.1 Redução do uso de energia	■			
	D.2 Aplicação de sistemas alternativos	■			

Princípios	Critérios	Avaliação			
		Não	N/A	Sim	N/R
D. Promoção dos sistemas alternativos de energia e diminuição da pegada ecológica	D.3 Integração da água e energia: sistemas integrados para distribuição da energia e água	■			
E. Saúde	E.1 Vulnerabilidade ambiental			■	
F. Redução, reutilização e reciclagem de resíduos	F.1 Promoção da redução da pegada ecológica relacionada ao tratamento de resíduos			■	
	F.2 Destinação adequada e reaproveitamento de resíduos	■			

Em relação à Sustentabilidade Ambiental, a partir do Gráfico da Avaliação da Sustentabilidade Ambiental para o Parque do Riacho, Figura 6, observa-se que, de seus 32 indicadores, 16 deles tiveram avaliação negativa e 13 indicadores foram positivos, mostrando que, para tal sustentabilidade, o empreendimento não corresponde ao mínimo esperado (50% +1 = 16 indicadores com avaliação “sim”). Um exemplo de verificador positivo é a realização de consulta ao Plano de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos do Distrito Federal – PGIRH/DF, realizada durante a elaboração do RIAC, em 2012.

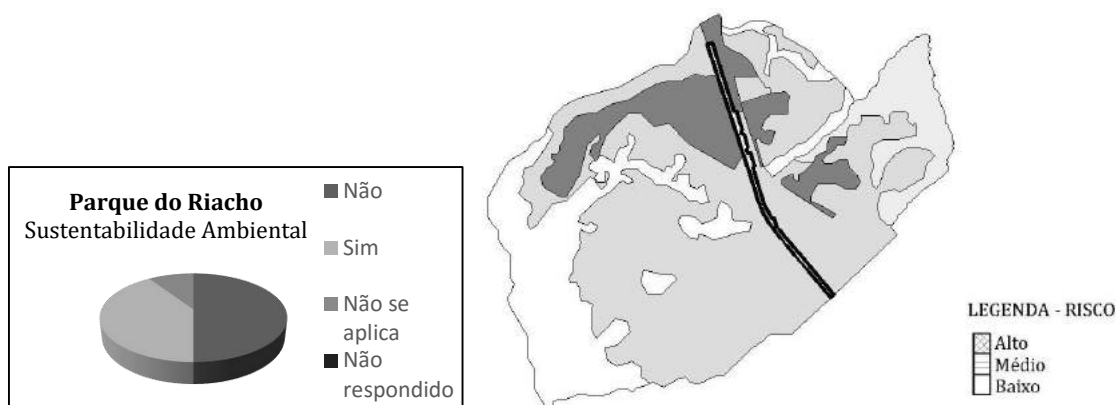


Figura 6 Gráfico da Avaliação de Sustentabilidade Ambiental para o Parque do Riacho e Figura 5 Risco à Contaminação de aquíferos. Fonte: Elaborado a partir de ECOTECH – RIAC, Mapa 11.

Tabela 2 Sustentabilidade e Qualidade da Forma Urbna - Avaliação da Sustentabilidade Social

Princípios	Critérios	Avaliação			
		Não	N/A	Sim	N/R
A. Urbanidade	A.1 Interação social	■			
	A.2 Acessibilidade	■			
	A.3 Centralidade			■	
	A.4 Vigilância: olhos para ruas			■	
	A.5 Operacionalidade	■			
B. Comunidade com sentido de vizinhança	B.1 Promoção do sentimento de pertencimento			■	
	B.2 Inserção da comunidade no processo de planejamento do empreendimento	■			
C. Moradias adequadas	C.1 Variedade de moradias com adequabilidade ao padrão das faixas socioeconômicas	■			
	D.1 Sistema de transporte público eficiente	■			
	D.2 Sistema Viário			■	
D. Mobilidade e transporte sustentáveis	D.3 Existência de estruturas propícias aos diferentes modais de mobilidade (pedestres, ciclistas e automobilistas)	■			
	D.4 Existência de estruturas inibidoras do uso de combustíveis fósseis	■			



Figura 7 Gráfico da Avaliação de Sustentabilidade Social para o Parque do Riacho e Figura 8 Equipamentos Públicos Implantados e previstos na RA. Fonte: Elaborado pela autora a partir de CODEPLAN, 2015.

O Parque do Riacho também não pode ser considerado sustentável no aspecto social, uma vez que, de seus 25 indicadores, 17 deles tiveram avaliação negativa e somente 8 indicadores foram positivos, mostrando que, para tal sustentabilidade, o empreendimento não corresponde ao mínimo esperado (50% +1 = 13 indicadores com avaliação “sim”). Contribuíram para este entendimento o verificadores com resultado negativo, como o não atendimento dos raios estipulados para equipamentos educacionais ou de saúde.

Tabela 3 Sustentabilidade e Qualidade Da Forma Urbana - Avaliação da Sustentabilidade Econômica

Princípios	Critérios	Avaliação			
		Não	N/A	Sim	N/R
A. Adensamento urbano	A.1 Respeito aos gradientes de densidade crescente em direção ao centro de bairro			■	
	A.2 Existência de adensamento responsável			■	
B. Dinâmica urbana	B.1 Provimento de infraestruturas diversificadas	■			
	B.2 Especificação de mobiliário urbano adequado			■	
	B.3 Sistema de Iluminação pública eficiente			■	
	B.4 Sistema viário compatível com os materiais empregados	■			
	B.5 Eficiência da rede de água, esgoto e drenagem			■	
	B.6 Projeto adequado para a rede de abastecimento de energia elétrica				■
	B.7 Projeto adequado para a rede de gás	■			
C. Desenvolvimento da econômica local em centros de bairros	C.1 Centralidades com mescla de funções e atividades em distâncias caminháveis	■			

Para a Sustentabilidade Econômica, pelo Gráfico da Avaliação da Sustentabilidade Econômica para o Parque do Riacho, a avaliação traz um resultado de sustentabilidade. Pelos indicadores no total de 23, 9 foram avaliados negativos e outros 13 indicadores receberam sim. A avaliação positiva superou o mínimo (50% + 1= 12). A responsabilidade de complementação do sistema coletor de esgoto foi dividida entre o empreendedor e GDF e a infraestrutura está sendo efetivamente providenciada (Figura 20). Essa avaliação contribuiu para o resultado positivo da Sustentabilidade Econômica.

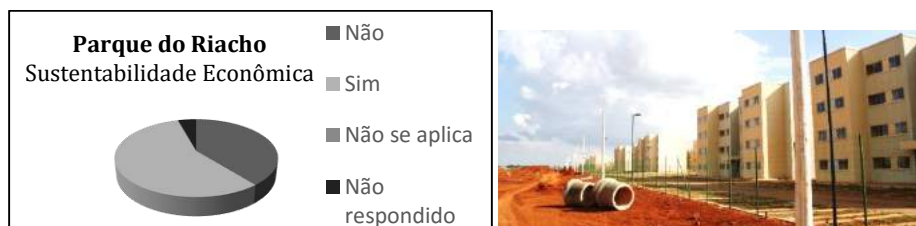


Figura 9 Gráfico da Avaliação de Sustentabilidade Econômica para o Parque do Riacho e Figura 10 Obras de infraestrutura em andamento no Parque do Riacho. Fonte: Foto da autora, 2015.

Tabela 4 Sustentabilidade e Qualidade da Forma Urbana –Avaliação da Macrodimensão Cultural e Emocional

Princípios	Critérios	Avaliação			
		Não	N/A	Sim	N/R
A. Revitalização urbana	A.1 Patrimônio, paisagem e identidade	■			
	A.2 Proposição de economia de solo urbano				
B. Legibilidade e orientabilidade	B.1 Continuidade de caminhos			■	
	B.2 Conectividade entre bairro, definição de bairros heterogêneos e agrupamentos	■			
C. Identificabilidade	C.1 Agrupamentos com unidade e diversidade	■			
	C.2 Identificação de efeitos visuais observados no campo visual do percurso do pedestre	■			
D. Afetividade e simbologia	D. 1 Laços afetivos através da agradabilidade visual e da simbologia	■			

Na avaliação da Sustentabilidade Cultural e Emocional, conforme evidenciado na Figura 11, o resultado da avaliação demonstra que essa sustentabilidade foi a mais negativa, ou seja, a mais insustentável dentre as 4 sustentabilidades propostas pelo método de avaliação. Do total de 12 indicadores, nessa sustentabilidade 9 indicadores foram avaliados como não, e somente 2 indicadores avaliados com sim. Resultado totalmente insatisfatório para o mínimo a ser preenchido para com os requisitos sustentáveis. Esse resultado reflete a análise negativa de verificadores como, por exemplo, a padronização do espaço construído, conforme Figura 11 a seguir. Essa característica prejudica a identificabilidade do local.



Figura 11 Gráfico da Avaliação da Macrodimensão Cultural e Emocional para o Parque do Riacho e Figura 12 Padronização do espaço construído no Parque do Riacho. Fonte: Foto da autora, 2015.

Mesmo que nessa pesquisa tenha sido verificada a insustentabilidade do Parque do Riacho, ao compararmos aos resultados dos primeiros dois casos analisados pelas autoras da metodologia, Residencial Bethel e Jardins Mangueiral, percebem-se percentuais um pouco mais altos de atendimento aos verificadores e que obteve-se um resultado positivo - a Sustentabilidade Econômica foi atendida.

Essa variação pode resultar da a diferença de localização e implantação entre estes empreendimentos. Enquanto o Parque do Riacho é situado junto à periferia razoavelmente consolidada, os outros dois casos foram produzidos em terrenos na borda da mancha urbana, e, portanto, que a área onde se insere esse caso estudado é provida de infraestrutura urbana, equipamentos públicos e comércio que atendem parte as demandas do novo empreendimento.

Além disso, o Parque do Riacho se destina às faixas 2 e 3 do PMCMV, enquanto os dois empreendimentos previamente analisados são destinados à faixa 1 do PMCMV. A diferença entre é que, neste caso, a construtora também atua como incorporadora da operação, comercializando as unidades. Evidencia-se, com o aumento da faixa, uma maior preocupação em aproximar os condomínios do Parque do Riacho com aqueles produzidos

no mercado imobiliário comum, com a introdução de variação nas plantas das unidades (2 ou 3 quartos com suíte), condomínio fechado com vagas privativas e guarita, área de lazer com churrasqueira e parquinho infantil em cada um dos condomínios.

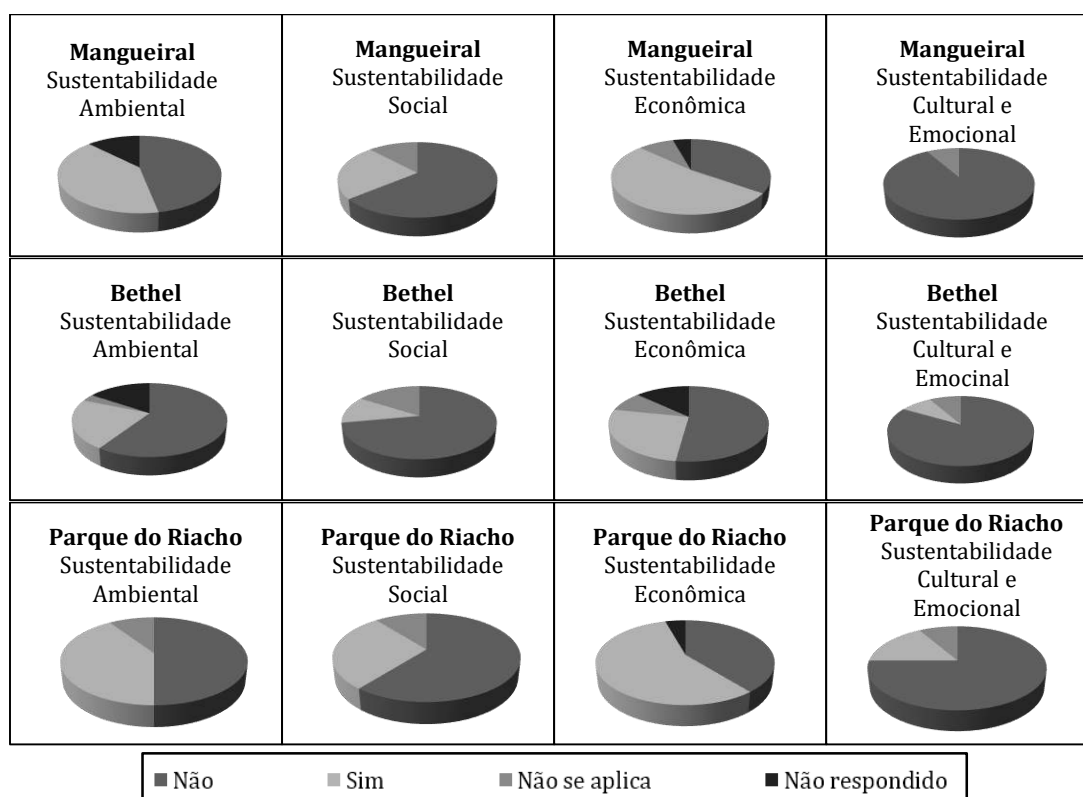


Figura 13 Comparação dos resultados da análise para os empreendimentos Bethel, Jardins Mangueiral e Parque do Riacho. Fonte: ANDRADE; LEMOS, 2015; autora

Por fim, cabe observar que os resultados obtidos não são absolutos, mas um registro deste empreendimento em determinado momento. A cidade é constantemente modificada pelos usuários. Nos condomínios que já foram entregues a mais tempo, os moradores fazem modificações de acordo com suas necessidades e prioridades. As intervenções precisam ser acompanhadas, para evitar intervenções ilegais ou prejudiciais. Entretanto, essas ações que reforçam o sentimento de pertencimento e de comunidade entre os novos moradores. Se por um lado o sistema viário e tipologias construtivas são mais difíceis de modificar num curto prazo, outras medidas podem ser adotadas para melhoria da qualidade e promoção da sustentabilidade.

Para o empreendimento estudado são exemplos de medidas que podem ser adotadas após a ocupação, em conjunto com a comunidade: horta comunitária, separação do lixo e compostagem, calçadas acessíveis também em percursos externos ao perímetro do condomínio, principalmente nos percursos de maior fluxo como ligações ao comércio, equipamentos públicos, terminais e paradas de transporte coletivo.

Ainda, existem projetos não construídos para ciclovias e ciclofaixas na Região Administrativa do Riacho Fundo II, que trariam melhorias relacionadas à mobilidade se executados. Além disso, é essencial a implementação de equipamentos comunitários. A este respeito, a Companhia de Desenvolvimento Habitacional do Distrito Federal (Codhab) realizou concurso de projeto para centro de ensino infantil, centro de ensino fundamental e unidade básica de saúde em 2016, os quais estão em fase de desenvolvimento.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação dos resultados obtidos com o PMCMV é necessária para seu acompanhamento e melhoria. A metodologia “Sustentabilidade e Qualidade da Forma Urbana”, utilizada na análise do empreendimento parque do Riacho pode ser aplicada ao projeto urbano, e verifica a sustentabilidade ambiental, econômica, social e a macrodimensão cultural e afetiva.

A sua aplicação sistêmica possibilita a formação de um banco de dados com as avaliações dos empreendimentos, e assim identificar aspectos sustentáveis ou não, úteis na elaboração de projetos urbanos de habitação social subsequentes. Os dados sistematizados por meio desta metodologia são subsídios para melhorar na gestão do programa inclusive em escala nacional. No âmbito local, é um instrumento que pode ser utilizado na gestão do empreendimento analisado, já que alguns dos fatores de insustentabilidade são reversíveis e são oportunidades de melhoria imediata na qualidade do habitar.

Ao comparar os resultados obtidos com essa metodologia e a outros estudos sobre o PMCMV, elaborados a partir de outras metodologias, observam-se pontos de convergência. O tema da inserção urbana também foi abordado em outras pesquisas, com o mesmo entendimento que há relação entre o protagonismo das construtoras na proposição de projetos e na seleção de terrenos e o padrão periférico e mesmo a segregação dos espaços resultantes.

REFERÊNCIAS

- AMORE, C. S.; SHIMBO, L. Z.; RUFINO, M. B. C.(org.). 2015. *Minha Casa... E a Cidade? Avaliação do Programa Minha Casa Minha Vida em seis estados brasileiros*. Rio de Janeiro: Letra Capital.
- ANDRADE, L. M. S. 2005. *Agenda verde X Agenda marrom: inexistência de princípios ecológicos para o desenho de assentamentos urbanos*. Brasília: Unb.
- ANDRADE, L. M. S., LEMOS, N.; GUINANCIO, C. e PEIXOTO, E. 2015. *Avaliação da Sustentabilidade e Qualidade da Forma Urbana dos Empreendimentos do PMCMV: Empreendimentos Jardins Manguelral no DF e Residencial Bethel em Goiás*. XVI ENAMPUR. Belo Horizonte.
- BLUMENSCHNEIN, R. N.; GUINANCIO, C. e PEIXOTO, E.(org.) 2015. *Avaliação da qualidade da habitação de interesse social: projetos urbanístico e arquitetônico e qualidade construtiva* Brasília. UnB.
- Companhia de Desenvolvimento Habitacional do Distrito Federal – CODHAB/ GDF. 2013. *Programa Morar Bem - Categoria do projeto: Grande Impacto Regional*. Brasília. Non pub.
- DAUNCEY, G. e PECK, S. *12 features of sustainable community development: social, economic and environmental benefits and two case studies in sustainable community development in Canada*. Ecotech Tecnologia Ambiental e Consultoria. 2012. *Plano de Ocupação para implementação do parcelamento de solo urbano denominado 5ª Etapa do Riacho Fundo II*. Brasília.
- Governo do Distrito Federal/ GDF. 2015. *Plano de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos do Distrito Federal – PGIRH/DF*. Brasília: FAHMA.
- Governo do Distrito Federal/ Sedhab/CODHAB – GDF. 2013. *Programa Morar Bem Categoria do projeto: Grande Impacto Regional*. Brasília. Non pub.
- TERRACAP. 1992. *Estudo de Impacto Ambiental - EIA Setor Habitacional Recanto das Emas, Catetinho e Ipê*. Brasília: ENGEA.
- TERRACAP. 2012. *Relatório De Impacto Ambiental Complementar – RIAC para o parcelamento do solo denominado 5ª Etapa do Riacho Fundo II (Antiga Faixa de Domínio do Metrô, DF-001)*. Brasília: Ecotech Tecnologia Ambiental e Consultoria.
- TERRACAP. 2000. *Relatório De Impacto Ambiental Complementar – RIAC para o Riacho Fundo II – 3ª Etapa*. Brasília: Technum Consultoria.
- Villa, S. B.; Saramago, R. C. P.; Garcia, L. C. 2015. *Avaliação Pós-Ocupação no Programa Minha Casa Minha Vida: Uma Experiência Metodológica*. Uberlândia: UFU.



Sustentabilidade em foco: Benefícios da implantação de uma obra de arte como alternativa de acesso

Ricardo Henryque Reginato Quevedo Melo

Universidade de Passo Fundo, Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental, Passo Fundo (RS), Brasil
ricardohquevedo@gmail.com

Evanisa Fatima Reginato Quevedo Melo

Universidade de Passo Fundo, Departamento de Engenharia Ambiental e Pesquisa, Passo Fundo (RS), Brasil
evanisa9@gmail.com

Rodrigo Henryque Reginato Quevedo Melo

Universidade de Passo Fundo, Engenharia Civil, Passo Fundo (RS), Brasil
rodrigohquevedo@gmail.com

José Humberto Quevedo Melo

Universidade de Santa Maria, Engenheiro Civil, Santa Maria (RS), Brasil
quevedomelo@gmail.com

RESUMO: A execução de uma obra de arte que busque a sustentabilidade através da sua implantação, é o tema de estudo deste artigo. Onde é proposto a criação de uma rota alternativa para o acesso da Universidade de Passo Fundo (UPF), cujo acesso atual encontra-se super utilizado e conseqüentemente gerando problemas de transito como o congestionamento e riscos associados. Partindo destas informações, foi realizado uma quantificação do fluxo de veículos no trevo de acesso da UPF para que em conjunto do software de simulação de trafego *Aimsun*, seja determinada a mudança na fluidez do acesso pela obra de arte proposta. Desta maneira, os resultados da simulação no software são indexados em uma formula de emissões atmosférica para que a construção da obra de arte possa ser justificada nos quesitos da sustentabilidade, na redução de emissão de CO² no meio ambiente, bem como nas conseqüências de sua implantação para o paisagismo urbano minimizando a poluição visual através do uso de uma passagem subterrânea.

Palavras chave *Simulação de transito, Emissões atmosféricas, Poluição visual, Planejamento urbano, Estudo de fluidez*

1. INTRODUÇÃO

O constante aumento de veículos é um dos fatores que contribuem para o aquecimento global, visto que a grande gama dos modelos existentes são movidos a combustíveis fósseis. Então, por mais que os veículos nestas últimas décadas procurarão desenvolver filtros e tecnologias mais eficientes para os veículos, os níveis de engarrafamento não estão colaborando para que a redução ocorra. Desta forma é visto que um dos problemas, a emissão veicular, já esta sendo visada através dos últimos anos. Porém, por mais que os veículos menos poluentes sejam desenvolvidos dia, após dia, é necessário trocar toda a frota de veículos, ação esta que não é pontual, ela é uma ação global e que tende a demorar.

Assim, com a implantação de uma mudança pontual é possível considera-la a curto prazo, sabendo que após a sua intervenção ou construção, os resultados quando analisados deverão demonstrar a variação prevista e que é impactante para justificar o seu investimento. Lembrando que a melhor solução possível a longo prazo, são as intervenções como incentivos para substituição da frota antiga e poluidora por novos, mais eficientes e ecologicamente sustentáveis, em conjunto com a obra de arte proposta neste artigo.

Portanto é idealizado uma intervenção pontual no trevo de acesso da Universidade de Passo Fundo (UPF), Passo Fundo - RS, para reduzir o congestionamento como analisado no trabalho de Melo(2015) e que obtenha resultados atrativos para poder justificar a sua implantação.

2. METODOLOGIA E ETAPAS DA PESQUISA

Levando em consideração o trabalho de Melo(2015), onde este realizou uma adaptação dos procedimentos de amostragem e quantificação de veículos, foi aplicada a mesma metodologia para esta análise, no caso a adaptação da contagem através do volume diário médio descrita no manual de estudos de tráfego (DNIT, 2006). Onde eram realizadas amostragens em um período de 30 minutos nos horários de início de aula na instituição, estando dividido em 15 minutos antes e 15 minutos depois.

Desta forma foi realizada a amostragem e quantificação de veículos através de filmagens e posterior verificação para obter os dados quantitativos e descrever corretamente no software Aimsun. Sendo que, durante a verificação das quantidades de veículos, foi verificado o maior numero de veículos que trafegaram pelo trevo, Figura 1.

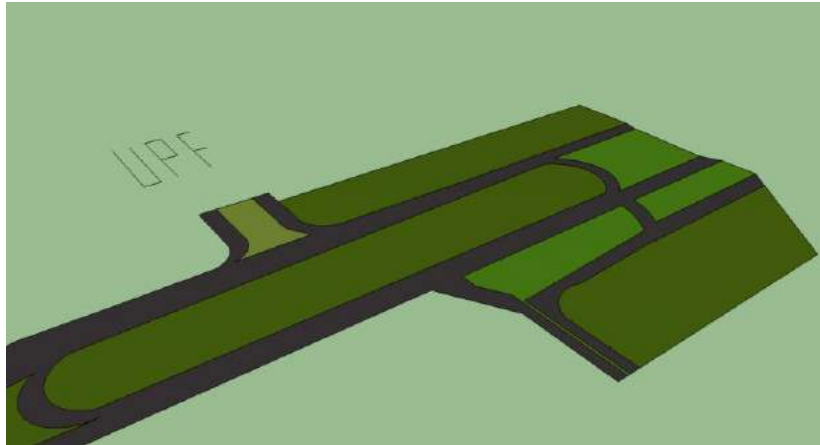


Figura 1. Trajeto antigo + trajeto Novo - Passagem Subterrânea. Fonte: Autor,2014.

Na sequencia com a introdução das informações no software para que este pudesse realizar a simulação do traçado atual, onde foi simulado e registrado os dados para a situação atual. Continuando as amostragens, foi modificado o trajeto para que o acesso fosse realizado pela obra de arte, Figura 2, e novamente introduzida os mesmos valores de veículos e usos das vias para realizar a simulação com a obra de arte e registro dos resultados.

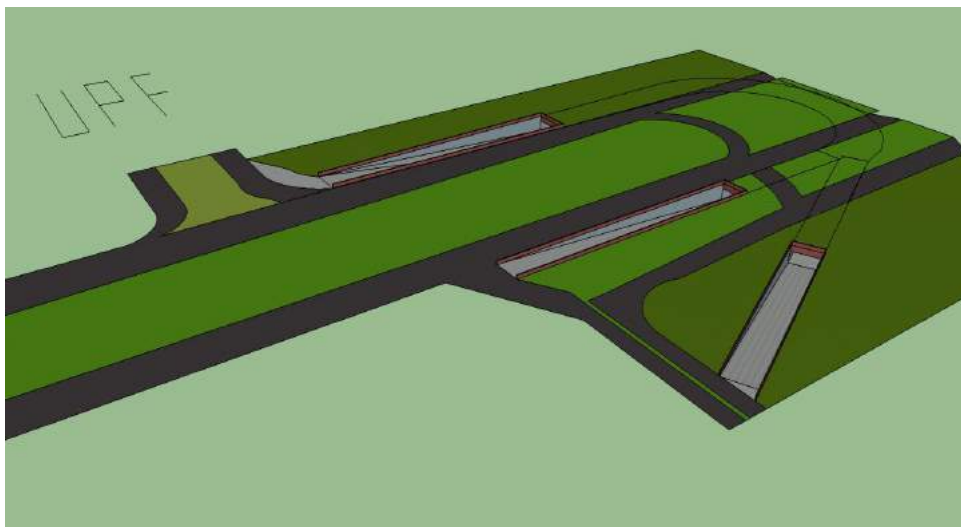


Figura 2. trajeto antigo + trajeto Novo - Passagem Subterrânea. Fonte: Autor, 2014

Após o calculo das quantificações através das simulações no software Aimsun, é realizado a adaptação na formula de emissões da agencia de proteção ambiental dos Estados Unidos (EPA, 2014), para poder enquadrar nos dados utilizados neste estudo.

$$E = A \times EF \times (1 - ER/100) \quad (1)$$

Onde: E = Emissão; A = Índice de atividade; EF = Fator de emissão; ER = Resultante da eficiência na redução de emissão

Por não haver um estudo especifico da resultante da eficiência na redução de emissão e do fator de emissão, a fórmula foi adaptada. Portanto, a formula para utilizar os dados de

emissões no lugar dos índices que foram definidos, utilizado a media dos valores de emissões dos carros encontrado no trabalho de Mazutti(2014).

$$E = A \times \text{MedM} \quad (2)$$

Onde: E = Emissão; A = Índice de atividade; MedM = Equivalem a media dos valores encontrados por Mazutti(2014)

Uma vez que a formula se assemelha muito com a utilizada por Delcan Corporation (2007), que é utilizada para avaliar as emissões no estado da Columbia Britanica no Canada. Onde a única divergência é substituição dos valores "MedM" por "EF", o qual sugere a introdução da unidade de emissão para cada tipo diferente de contaminante. Ficou definido que a formula final utilizada foi a do ministério dos transportes da Columbia Britanica do Canada, a qual possibilita a replicação do estudo para trabalhos futuros.

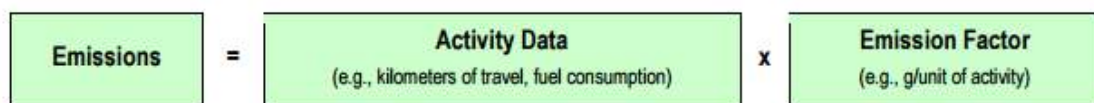


Figura 3. Equação 3 - Simplistic Equation for Estimation of Emissions. Source: Guidelines for quantifying vehicle emissions within the ministry's multiple account evaluation framework

Portanto para melhor compreender a formula, foi definido os itens a serem considerados por cada um dos fatores da formula neste estudo.

- Activity Data: "Time of travel plus stopped time" x "Distance" x "Nº vehicle";
- Emission Factor: The medium of the values found by Mazzuti(2014).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O primeiro resultado obtido foi referente as quantificações dos veículos que trafegam pela região do trevo, totalizando um acesso total de aproximadamente 800 veículos em trinta minutos. Portanto, uma vez que o trabalho consistiu na análise da simulação de um novo traçado para o acesso à UPF com o intuito de quantificar a redução proporcionada pela alternativa que já estaria justificada de sua implantação por evitar os riscos associados aos cruzamentos do acesso pelo trevo em frente a instituição, reduzir o engarrafamento e proporcionar maior fluidez aos veículos. Desta forma, dando ênfase neste trabalho somente à questão da sustentabilidade e das emissões oriundas dos veículos que por ali trafegam, foi obtido os dados para completar a Equação 3 utilizada na quantificação dos valores de emissões totais.

Assim, obteve-se os resultados para substituir no índice do "Fator de Atividade" pela execução da simulação no software Aimsun em ambas as simulações, a situação atual e com a obra de arte.

Lembrando que no "Fator de Atividade" definido a quantidade introduzida foi o somatória dos valores médios do tempo de viagem com o tempo parado obtidos na simulação.

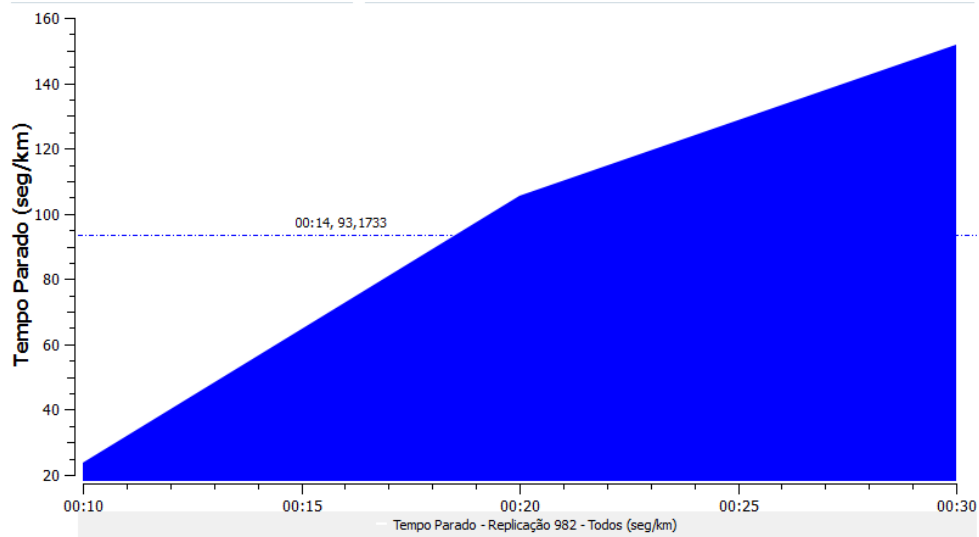


Figura 4. Indicador para fator de atividade tempo parado na situação atual. Fonte: Autor, 2014.

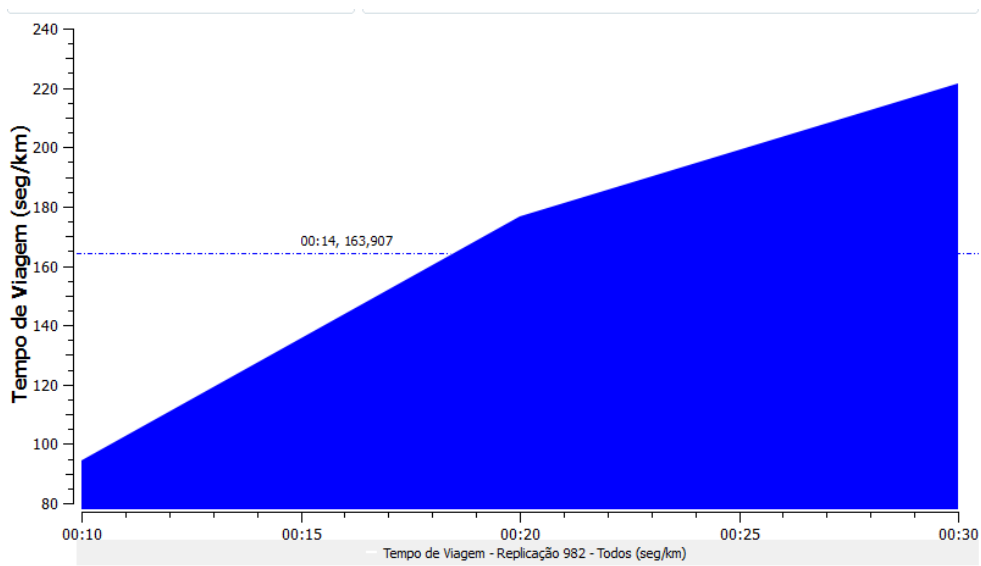


Figura 5. Indicador para fator de atividade tempo de transito na situação atual. Fonte: Autor, 2014.

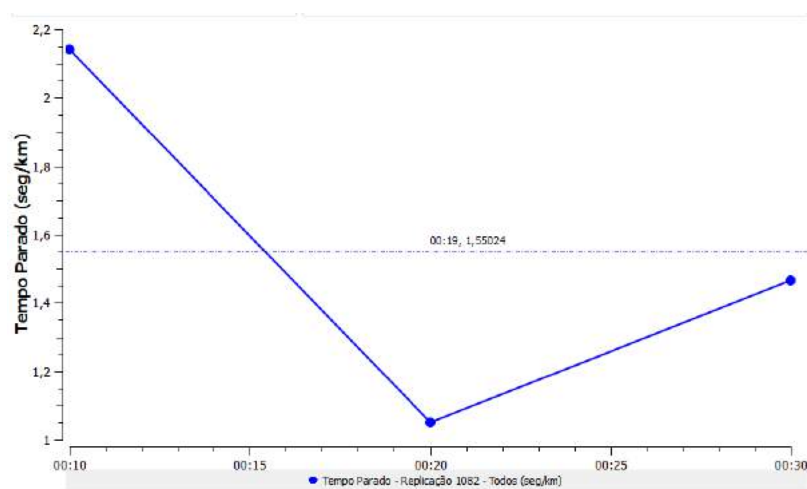


Figura 6. Indicador para fator de atividade tempo de parado na situação com obra de arte. Fonte: Autor, 2014.

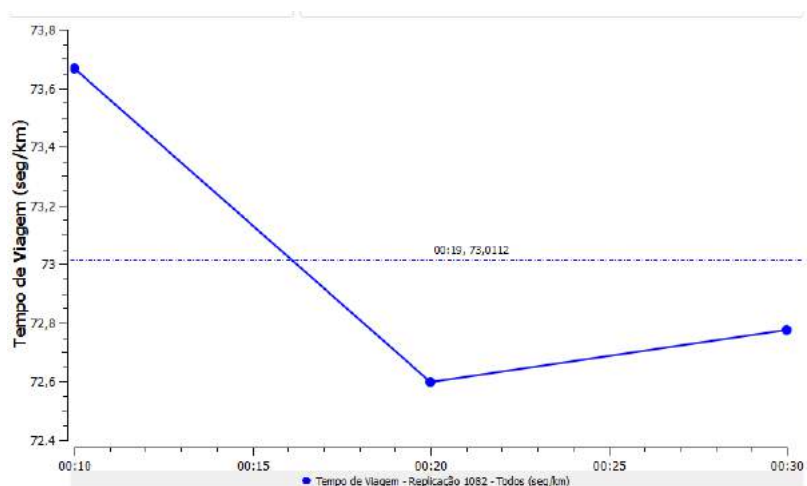


Figura 7. Indicador para fator de atividade tempo de transito na situação com obra de arte. Fonte: Autor, 2014.

Os dados analisados dos gráficos obtidos pela simulação no software, são transcritos na Tabela 1, contendo os resultados da simulação com a situação atual e com a obra de arte proposta.

Tabela 01 Tabela 1. Tempos das analises.

Simulação	Transito	Parado	Total
A- Situação atual	94s	164s	258s
B - Obra de Arte	73s	1,5s	74,5s

Tabela 1 a qual, verifica-se uma variação no tempo total de viagem, sendo uma redução media de 183,5 segundos. Dados que já implicam diretamente no quantitativo de emissões geradas. Enquanto que o trevo de acesso possui três opções de uso, foi realizado uma verificação média das distancias percorridas para adicionar ao calculo. Onde a medição realizada foi in-loco e totalizou uma distancia média de 300 metros entre ponto de acesso ao sistema do trevo e ponto de entrada da UPF.

Após a identificação dos valor do "Fator de Atividade", foi obtido a media dos valores de emissão de carros no estudo de Mazutti(2014), assim obtendo o ultimo dos valores a serem introduzidos na formula.

Veículo	[] AMOSTRADOR 2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Civic 1.6	6000
Onix 1.4	0
Vectra 1.6	1078000
Doblo 1.4	2154000
Fiesta 1.0	8669000
Partner 1.6	109000
Corsa 1.6	4091000
Fiesta 1.0	9570000
Eco Sport 1.6	2420000
Palio 1.0	0
Gol 1.6	3539000
S10 2.2	37813000
Strada 1.8	344000

Figura 8. Índices dos valores de emissões por vários tipos de carros. Fonte: Mazzuti(2014).

Sabendo que os valores das emissões atmosféricas são diversos entre tipos de veículos, foi utilizado o valor da média para verificar os índices de redução proporcionados pela proposta de obra de arte. Lembrando que para considerar os valores de emissões de cada veículo, seria necessário considerar demais fatores listados por Delcan Corporation (2007) e Environmental Protection Agency(2016):

- Engine/vehicle technology;
- Base fuel;
- Light versus heavy-duty;
- Highway versus nonroad;
- travel speed;
- vehicle operating mode (e.g. idle, acceleration, deceleration);
- Regulatory Characteristics: e.g., inspection/maintenance programs;
- Driver Characteristics: e.g., aggressive driving style; use of air-conditioning.

Sendo todos estes itens, passíveis de análise para obter um resultado preciso, perante aos índices de emissões. Assim, ao analisar um trevo que trafegam veículos de origens variadas, acaba impossibilitando a aquisição de todos os itens citados devido às características do local de análise e justificando a necessidade do uso do valor médio para quantificação dos índices de redução nas emissões.

Desta forma, foi possível obtermos os resultados ao aplicarmos todas as informações na Equação 3.

Tabela 2. Resultados da Equação 3.

Análise com veículos e distancia				
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	kg/m^3	Porcentagem	Redução
A- Situação atual	332.127.621.705,60	332,1276217	100%	71%
B - Obra de Arte	95.905.069.058,40	95,90506906	29%	

Totalizando uma redução na emissão de $236\text{kg}/\text{m}^3$ por dia e aproximando de $50\text{ t}/\text{m}^3$ ao ano.

Aproveitando que foi obtido um índice de redução de emissões de 71%, foi calculado no site https://co2.myclimate.org/de/car_calculators/new a emissão gerada pelo trafego

atual, o equivalente a mais de 20.000 Toneladas ao ano de CO², volume que quando reduzido em 71% chega a uma redução de quase 15.000 toneladas de CO². Desta forma enfatizando a necessidade da implantação.

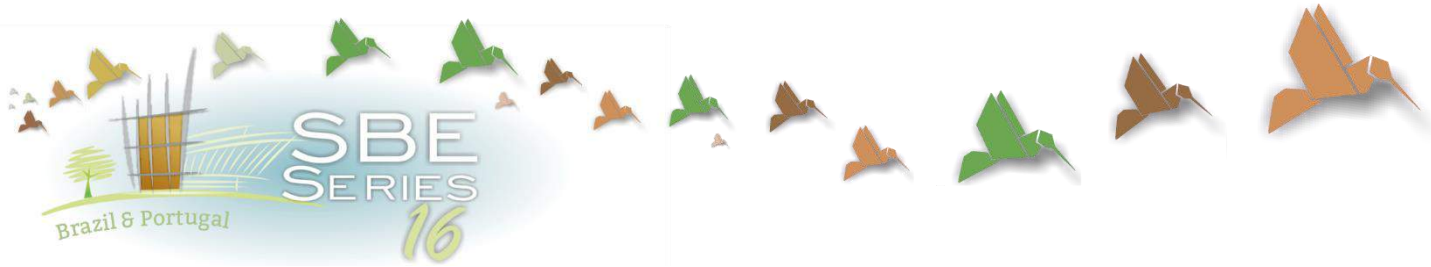
4. CONCLUSÃO

Portanto ao analisar os efeitos da contribuição gerados pela implantação de uma obra de arte neste trevo de acesso à UPF, pode-se verificar que ações pontuais permitem que sejam obtidos resultados após sua implantação e propiciam o incentivo a melhoria nas ações globais, as quais são as trocas dos combustíveis fosseis e carros mais eficientes.

Assim, concluindo que a implantação de uma obra de arte é uma solução pontual, tanto para o congestionamento como para reduzir as emissões atmosféricas, sendo provado pelos dados de reduções obtidos, 71% de redução nas emissões atmosféricas e redução de aproximadamente 3 minutos do tempo necessário para realizar o acesso.

REFERÊNCIAS

- Cars and air pollution Disponível em <<http://www.dft.gov.uk/vca/fcb/cars-and-air-pollution.asp>>. Acessado em 28 de maio de 2016
- Car Emissions & Global Warming. Disponível em <<http://www.ucsusa.org/clean-vehicles/car-emissions-and-global-warming>>. Acessado em 28 de maio de 2016
- DELCAN CORPORATION (Org.). Guidelines for quantifying vehicle emissions within the ministry's multiple account evaluation framework. British Columbia: Ministry Of Transportation, 2007.
- Departamento Nacional De Infra-Estrutura De Transportes (DNIT). *MANUAL DE ESTUDOS DE TRÁFEGO*. Rio de Janeiro: Ministério dos Transportes, 2006
- Environmental Protection Agency. Epa (Org.). Biodiesel Emissions Analysis Program. Disponible on: <<https://www3.epa.gov/otaq/models/biodsl.htm>>. Access in: 28 may 2016.
- Kompensieren Sie Ihre Auto-Emissionen. Disponível em <https://co2.myclimate.org/de/car_calculators/new>. Acessado em 28 de maio de 2016
- MAZUTTI, João Vitor. Avaliação da utilização de amostrador automático para análise de emissões de Monóxido de Carbono (CO) em escapamentos de veículos na UPF. 2014. 36 f. TCC (*Graduação*) - *Curso de Engenharia Ambiental, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2014.*
- Melo, Ricardo Henryque Reginato Quevedo; Melo, Rodrigo Henryque Reginato Quevedo; Melo, José Humberto Quevedo, *II ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA URBANA, 2015*, Passo Fundo. *OBRA DE ARTE: UMA ALTERNATIVA NO ACESSO À UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO*. Passo Fundo: UPF, 2015.



Fischer River catchment urban flooding - mitigation and participatory management

Teresa Lindoso

Rio de Janeiro State University, Postgraduate Program in Environmental Science, Rio de Janeiro, Brazil
teresalindoso@gmail.com

Luciene Pimentel da Silva

Rio de Janeiro State University, Faculty of Engineering, Department of Environmental and Sanitary Engineering, Postgraduate Program in Environmental Science, Rio de Janeiro, Brazil
luciene.pimenteldasilva@gmail.com; lpds@uerj.br

ABSTRACT: The numerous interventions in watercourses are one of the main factors that increase the occurrence of flooding in urban areas. Using a system of gutters, pipes and channels, these works were originally intended to facilitate and speed up runoff flows. For a long time, municipal governments have overlooked the occupation of wetlands, riparian areas and the excessive canalization of urban streams. As a result, floods are more frequent and their impacts worsen with urban expansion and population increase. Recently, more effective LID drainage measures, still seen as a novelty in Brazil, have been proposed to address the causes of the problem, seeking to retard and lower flow peaks, and to reduce drained volumes, thereby working towards more resilient and environmentally sustainable cities. However, non-acceptance and non-commitment by public agencies and the communities involved is still an obstacle to the application of these measures. The overall objective of this work is to present a case study involving the implementation of LID techniques in a catchment area of approximately 7.78 km² in southeastern Brazil. The techniques involved exposing conflicts that arose in the relationship between the Office of the State Public Prosecutor and the property owners and using participatory management to obtain proposals for mitigating recurrent flooding. The results include the local arrangements involving landowner participation in the works and/or actions proposed.

Keywords *flood, community engagement, urban areas*

1. INTRODUCTION

Populations and, consequently, urban areas, grew significantly during the twentieth century, especially in developing countries like Brazil (IBGE, 2003). However, cultural and socio-economic problems contributed to prevent the urban infrastructure from adequately accompanying that growth. At the same time, the strategy for urban occupation and human development, and increasing greenhouse gas emissions, were catalysts that contributed towards the forming of heat islands and global warming. It has been noted that in Brazil and many other parts of the world, the increased frequency of heavy rainfall, especially in urban centers, along with stormwater drainage systems that were not designed to handle events of such magnitude, have exposed the urban infrastructure, buildings and the population to greater risk. Several studies have shown that the poorest are the most vulnerable and the ones who are least able to recover from natural disasters (Marengo, 2008).

Adequate drainage systems can contribute to sustainable development and improve the quality of urban life, by helping to balance the different issues that influence the growth of municipalities. Interference in the natural hydrological processes should be reversed, minimized or compensated. It is important to promote these changes in public policies on land use and occupation, as well as the conservation of natural environments and their dynamics. It is necessary, and has already occurred in other countries, to revise the notion that rainwater is undesirable and must be removed downstream as quickly as possible, and to seek solutions that appreciate rainwater as a natural resource that is to be preserved (Van Roon & Van Roon, 2005; Fletcher *et al.*, 2015).

This new vision implies that the management of rainwater considers the factors related to rainfall quantity and excess (flooding), water quality (pollution control) and society's needs, which can be discussed on a collective basis, in order to consolidate drainage systems and stormwater management, aimed at municipal sustainability. Only by improving these indicators will it be possible to ensure a better quality of life for all the people, as well as the conservation of rainwater. Often, in the search for solutions to the recurrent problem of flooding, tangible results have been obtained by developing awareness of the issues among those who live and work within the areas where they occur, since they have local knowledge and are directly affected by the consequences.

In this paper, it was casted a spotlight on the community that has been located for more than 40 years on the banks of the River Fischer, a 3rd order tributary off the right bank of the River Paquequer, in the urban area of the 1st district of the municipality of Teresópolis, in the state of Rio de Janeiro. Within that area, flooding has been frequent during the rainy season and in recent years it has been noted that the frequency and intensity of these events has been increasing.

The solution for the reduction of flooding in this area is time consuming and costly, because it also involves complex social issues. Seeking the help of the Public Authorities, the local residents presented a formal request to the Office of the State Prosecutor for the implementation of measures to minimize flooding in the neighborhood. Faced with this situation, a meeting took place between the Municipal Secretary of Environment and the Office of the Attorney for Public Stewardship to seek solutions to the recurrent flooding. At this meeting, the need was identified to conduct a preliminary study of the land use and cover and a study of the environmental conditions in the whole catchment area.

A preliminary technical study was presented to the State Prosecutor, setting out the action that could possibly be having a negative impact on the natural drainage system of the River Fischer. It was concluded that the hydrological response in that area was the result of the human occupation upstream, calling attention to the process of urbanization

without proper planning and highlighting the need to consider the entire catchment area in the planning of land occupation and use. Based on that report, the Attorney decided that suitable measures to minimize the flooding would be taken up with all the social bodies and interested parties involved in finding a solution to the problem.

In this context, it is seen that, in developed countries, the identification of negative impacts on ecosystems and society caused by the inappropriate management of rainwater leads to the development of a new management proposal based on the reduction of impermeable areas, increased rainwater infiltration (Roy *et al.*, 2008) and the effective participation of the community (CIRIA, 2015). This approach, known in the USA as LID (Low Impact Development), has been adopted in several cities around the world and endorsed by various government agencies (Roy *et al.*, 2008).

The aim of this paper is to report the partial results of the LID application in the River Fischer catchment area (7.78 km²), especially regarding the action by all the social bodies involved, aimed at clarification, study and reflection, during the participatory development of flood control proposals.

2. METHODOLOGY

This study began in July 2010, upon the presentation of the preliminary technical study to the State Prosecutor, reporting the possible action that could be having a negative impact on the River Fischer natural drainage system. Based on that report, the Attorney decided that the application of suitable measures to minimize flooding would be handled by sub-basin, since the study area is downstream from 4 sub-basins and the hydrological response in that area is the result of the land occupation upstream.

In this paper, emphasis is given to the situation of the main basin and the two neighborhoods (Fonte Santa and Quinta Lebrão) situated on the banks of the River Fischer, and a joint solution is proposed that involves the participation of all the stakeholders: municipal government, local residents and traders, and mediated by the State Prosecutor.

Among the strategies adopted in the LID is keeping the hydrological cycle as the focus for reducing the surface runoff resulting from the urbanization process. Among the most commonly used techniques are establishing retention basins, increasing the permeable areas, re-naturalization of rivers or areas of natural flooding and the reutilization of rainwater. Simultaneously, it is necessary to look to the needs of the population, a process in which their participation is essential, not only to develop environmental awareness, but to ensure that their knowledge and concerns are taken into account in designing the project that is to be implemented in their neighborhood.

On these lines, the methodology of action research proposed by Michel Thiollent (Thiollent, 2002) was adopted. That methodology recommends working together with the stakeholders on clarification, study and reflection for guiding the efforts to minimize the problems and, as appropriate, any social and environmental conflicts. It is a form of research based on the knowledge acquired by experiencing the reality of a situation, in contact with the social agents involved, which determines the order of priority of the problems to be investigated, as well as the solutions to be presented in the form of concrete action. Whether it is to assist in resolving a collective problem or at least clarifying the observed problems presented by the situation, thereby providing the researchers and their subjects the means to respond with the maximum efficiency to such problems. Application of the methodology involved two phases: exploratory phase and structured meetings..

2.1 Exploratory phase

The main aim of the exploratory phase of the project was the development of the study. This was carried out in collaboration with students on the Environmental Engineering course of FESO (Serra dos Órgãos Educational Foundation). The participative investigation combined field research (interviews) and bibliographic reviewing. Events were held to promote interaction with the local community, which included: meetings with local representatives, interviews with local residents and business people, walking around the neighborhood (sometimes in the company of residents) and participation in community gatherings. Simultaneously, photographic records were made and geo-referencing of the conditions of the River Fischer as it passes through the communities of Quinta Lebrão and Fonte Santa was carried out. Through the exploratory phase, a study of the River Fischer catchment area was produced.

The analysis of the River Fischer catchment area used ArcGIS software to obtain the primary data and material information for the study of the land use and occupation, based on the WorldView-2 satellite image with a 50 cm resolution.

The survey of the conditions of the River Fischer in the Quinta Lebrão district was conducted with the help of local residents, using a Garmin Oregon 500 GPS and a ruler. The residents pointed out several places that can be considered critical, due to interference carried out on different occasions. The hydraulic capacity of those sections was calculated empirically using Manning's Equation for channel flows.

2.2 Structured meetings

This step was conducted in close cooperation with the local community. The process of developing the studies began with the presentation of the project concept to a neighborhood resident who stood out as a community leader. This resident organized meetings with a group of locals and there was a general feeling among the residents that representatives of the Municipal Council and Executive Branch should not be included, out of fear that it be used for electoral purposes.

Over a two-month period, 4 meetings were held, two weeks apart and always on a Sunday, with the residents of the Quinta Lebrão and Fonte Santa districts. The chosen venue for the meetings was the neighborhood CIEP School (Integrated Public Education Center). The fourth meeting was attended by around 40 people.

A questionnaire was developed, with the main purpose of recording the frequency of flooding in Fonte Santa and Quinta Lebrão districts and how that flooding affected the lives of the local residents, as well as identifying their perceptions regarding the solution of the problems caused by the flooding. The questions were simple, as follows:

- How long have you lived in the district?
- How frequent is flooding in the district?
- How has the flooding affected your life? What is the solution to the problem of flooding?
- Would you move, if you could?

The idea was that the questionnaire should be very objective, reducing the response time to a maximum of 5 minutes. That way, it would keep the attention of the subject. At the same time, sufficient room was allowed for the subject, if interested, to recount anything he or she considered to be important.

All the participants completed the questionnaire on their perceptions of the flooding in the district and took forms to be filled by their neighbors or the local tradespeople. A total of

98 questionnaires were returned. Each completed questionnaire represented a home located within a maximum of 50 meters from the River Fischer.

3. PRESENTATION AND ANALYSIS OF THE RESULTS

3.1 Assessment of the Fischer River catchment area

The River Fischer catchment area is situated in the municipality of Teresópolis, in a range of high hills region of the state of Rio de Janeiro (altitude of 871 m). The municipality has a total area of 770.6 km², representing 14.1% of the mountain region and 1.76% of the total area of the state.

According to data from the Brazilian Institute for Geography and Statistics (IBGE, 2016), the estimated population of Teresópolis in 2015 was 173,015 inhabitants, and the municipal Human Development Index in 2010 was 0.73. The population is predominantly urban and is mostly concentrated within the 1st district, the town center. Approximately 81% of the urban population lives within the narrow valleys of the catchment area of the River Paquequer, of which the River Fischer is a tributary, so the predominant landscape offers low potential for urban expansion, given its physiographical characteristics. The drainage system under study is part of the hydrographical area of the River Paraíba do Sul, which occupies part of the territories of the states of São Paulo, Rio de Janeiro and Minas Gerais, in southeastern Brazil.

According to climate classification of Köppen, the climate is classified as Cwb. According to the climate normals (1961-1990) obtained from the station in the National Park, the average temperatures are typical of a mild climate, ranging from 20.8°C in summer to 14.8°C in the coldest month (June). The rainfall distribution over the course of the year is quite irregular, with summers registering a high volume, while the winter are dry, resulting in an annual average of 2,774 mm.

Vieira & Cunha (2011) assert that the rugged terrain and concentrated wet season favor the rapid surface runoff that, associated with increased urbanization, make the municipality of Teresópolis a potentially vulnerable area that is liable to develop areas of risk as a result of unstable hillsides and recurrent flooding.

The catchment area of the River Fischer, a 3rd order tributary off the right bank of the River Paquequer, is located in the northeast sector of the 1st district of the municipality of Teresópolis and covers an area of 11.6 km². From a morphological point of view, the main stream runs in a south-north direction and its sources are in the southeastern part of the area, at an altitude of about 1,067 meters above sea level, while the mouth enters the final third of the River Paquequer at about 744 meters above sea level, giving it a total length of about 7.11 km, with a slope of 4.4%.

Using the digital model of the terrain, information was obtained about the morphology of the catchment area and, despite the mountainous landscape, only a tiny part has a slope equal to or greater than 45° and that is over exposed rock. The greater part of the area has undulating relief, with a slope varying between 26% and 55%. The flat or gently undulating sections have a slope of up to 7% and are restricted to the floor of the valleys. The entire catchment area comprises small valleys and has different forms of occupation, with intensive urbanization occurring along the first 4 km of the main stream. That stretch lies on the town's urban periphery and IBGE data (2010) show a population of 9,000 people in 3,280 homes. It should be mentioned that the study by Soares and Lima (1981) states that the Quinta Lebrão and Fonte Santa districts contained 150 and 200 houses, respectively, which reveals the rapid occupation of the area in the last 35 years.

The River Fischer catchment area was unoccupied until it was cut longitudinally for the construction of the BR-116/RJ highway, in 1959. Currently, the land occupied by the Quinta Lebrão district and part of Fonte Santa belong to the INSS (National Social Security Institute), although it is almost entirely occupied by illicit construction. The IBGE Census data for the year 2000 revealed that all of the Quinta Lebrão district comprised an informal settlement, while in the Fonte Santa district, 68.6% of the housing is in the same situation. And since the municipal authorities have never proposed a ownership legalization program, it is to be expected that the current situation is the same or worse. Nowadays, the area is densely populated, with unregulated occupation in areas of risk, such as on hillsides and riverbanks, the predominance of low construction standards and little basic service infrastructure.

The local residents pointed out 9 places that are considered to be critical, due to practices and (bad) river interventions carried out on different occasions. According to the assessment of the hydraulic capacity of these sections of the River Fischer in the Quinta Lebrão district, it was noted that there is retention caused by obstruction of the channel, such as by buildings that cover or traverse the river. Such retention along the course of the River Fischer exacerbates the frequent flooding of the neighborhood, almost every year, according to information obtained from the local residents, causing them considerable inconvenience. On the other hand, this storage reduces the water level in neighborhoods located at lower altitudes downstream. So simply unblocking these stretches could lead to flooding further downstream. This situation confirms the need for a systemic approach to river basin management.

3.2 Community involvement

The first meeting was held on October 13, 2012 at the CIEP in the Quinta Lebrão district. Around 25 local residents were present and the majority made the commitment to contribute important information about the history of the area, such as old photographs, the memories of the older residents, etc. At the same meeting, they agreed to invite other residents to participate in the study, which resulted in twice as many participants at the next meeting, held in the same location two weeks after the first one. Subsequently, in the context of the River Fischer sub-basin, a group of "Neighborhood Collaborators" was formed, comprising 40 residents approved to work on the project, who conducted research about the community by asking neighbors and local tradespeople, in order to learn information, perceptions and opinions regarding the floods in the neighborhood. A total of 98 completed questionnaires were collected, 63 from the Fonte Santa district and 35 from Quinta Lebrão. Although there are social and economic differences between the two neighborhoods that were studied, there were very similar perceptions among their residents about flood-related issues and particularly their increasing frequency (Fig. 1).

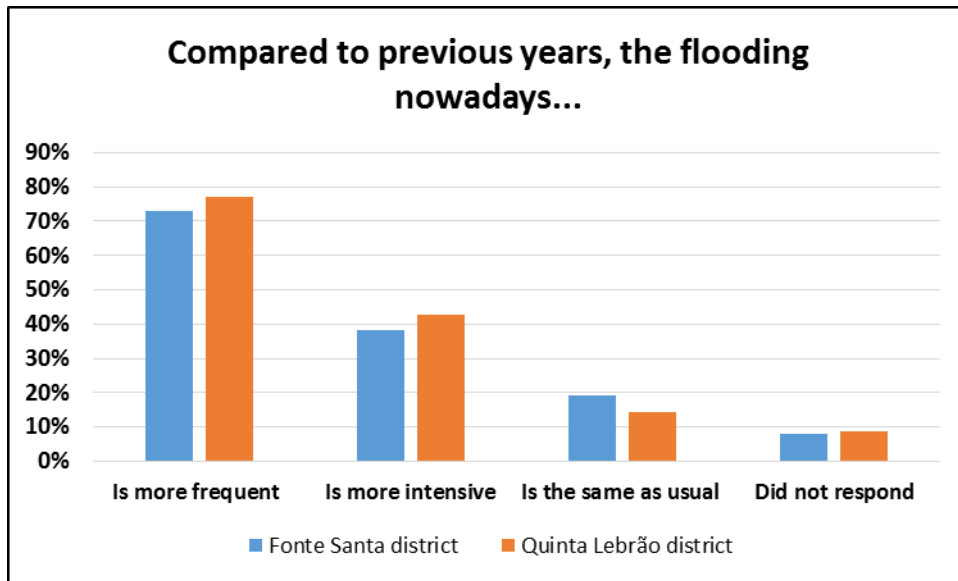


Figure 1: Responses to Surveys carried out in the districts of Quinta Lebrão and Fonte Santa

It was also found that every year the residents of the Quinta Lebrão and Fonte Santa districts suffer from some kind of trouble caused by heavy rains, ranging from difficulty in returning home, due to flooding in the streets, to the loss of property from up to 2 meters of water inside the home (Fig. 2), as noted in the event of April 6, 2012 (this work did not study the damage caused by the major regional natural disaster in January 2011). In the opinion of the local residents and tradespeople surveyed, the solution to the problems caused by the flooding lies mainly in carrying out works to widen and channel the river, as shown in Figure 3. On the other hand, they assign all the responsibility for solutions to minimize the flooding to the Public Authorities, without taking into account their own action as a causal factor in the occurrence of flooding, such as throwing rubbish directly into the water course or provoking changes in sections of the channel (Figs. 3, 4).

On the negative side, difficulties were confirmed in seeking dialogue with the Public Authorities, which, despite frequently promoting social participation, do not commit to implementing the programs required by the local community. This may help to explain the second negative - social participation was marked by a proportionately low number of local residents. And, at least in the beginning, the distrust between the participants and those who were trying to promote it.

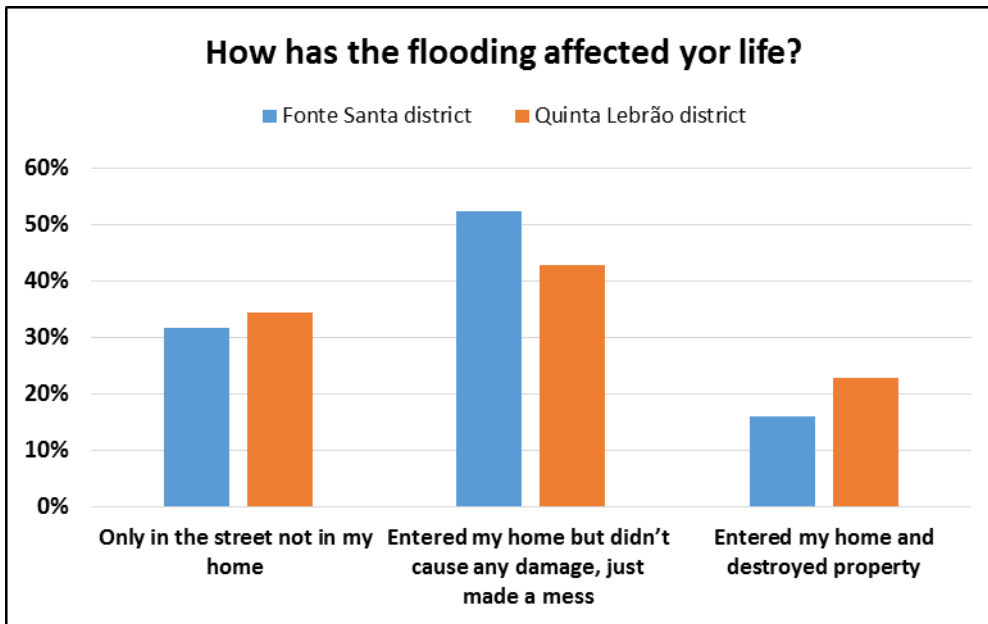


Figure 2: Responses to Surveys carried out in the districts of Quinta Lebrão and Fonte Santa

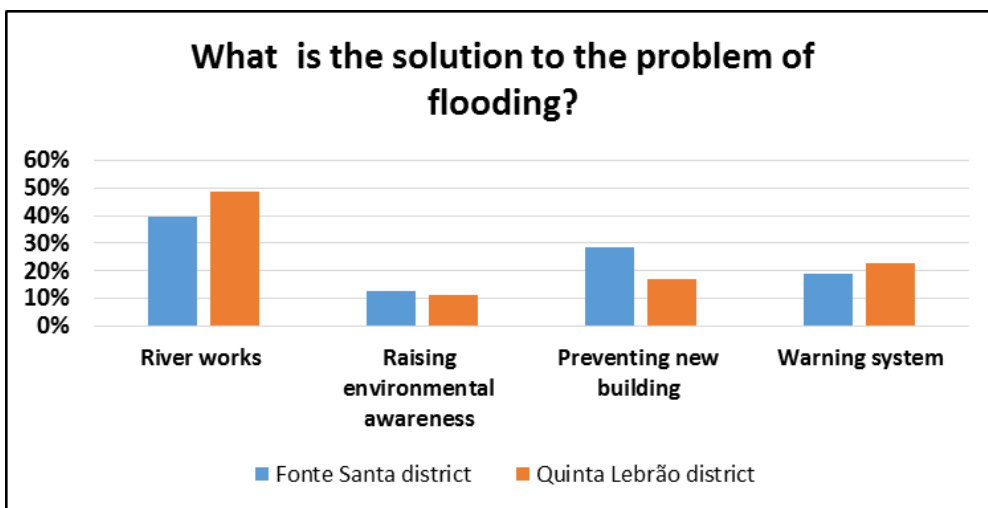


Figure 3: Responses to Surveys carried out in the districts of Quinta Lebrão and Fonte Santa

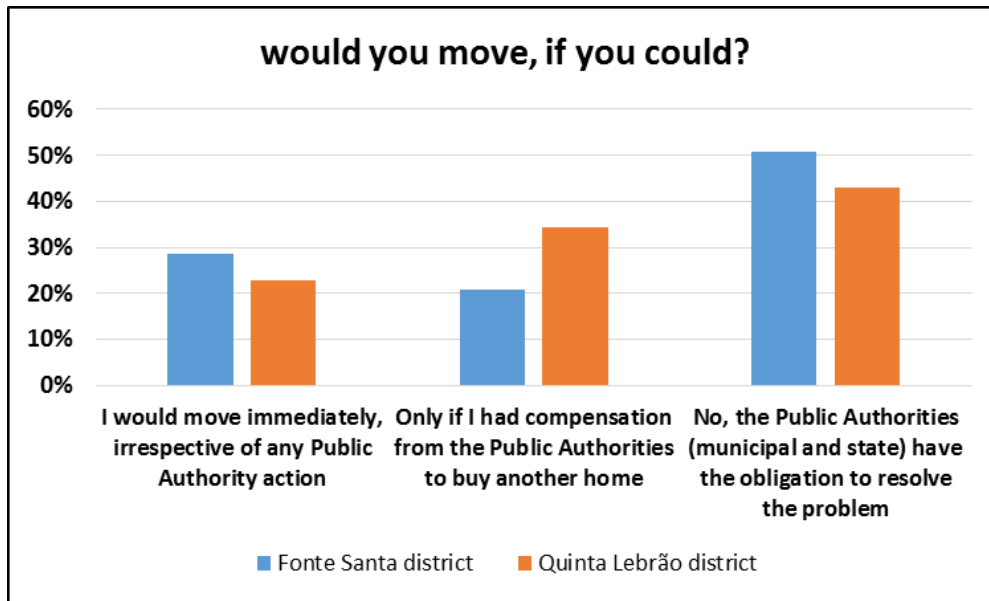


Figure 4: Responses to Surveys carried out in the districts of Quinta Lebrão and Fonte Santa

4. CONCLUSIONS

The unregulated occupation of urban areas causes negative impacts and its effects can be seen in places that are far apart, especially those relating to changes in the hydrological cycle, thus requiring an urban planning approach that takes in the entire catchment area. Implementing the LID application strategy with regard to the engagement of the whole community has proven to be effective for clarification, study and reflection on the part of all the social protagonists involved in the participatory development of proposals for flood control.

Along these lines, the study methodology developed by Thiollent in the action research method is inspirational and involves elements that fit the objectives and assumptions of environmental education that are critical to the development of participatory environmental management, in an active manner that satisfies collective and citizenship needs. As such, the social protagonists participate collaboratively in identifying the causes, consequences and possible solutions of the social and environmental problems they face. Thus, one seeks to stimulate and ratify local community involvement in order to reinforce the action of the public environmental management and to preserve the local ecosystems.

The community living on the banks of the River Fischer is yearning for solutions to minimize the damage caused by repeated flooding, including indirect damage, which is usually overlooked in the assessment of damages. Participation in the Sunday morning meetings confirmed the feeling of being ignored by the Public Authorities, because on the one hand, they are assigned full responsibility for carrying out the public works and inspection, while on the other there is no prospect of such action occurring. Moreover, the local community wants to participate in the decisions concerning the future of the neighborhood and make its opinion known, in a democratic process of exercising citizenship. Furthermore, the community does not want to leave its homes and move to other technically safer places. That is because they believe in "engineering solutions" and the obligation of the Public Authorities to carry them out. This position strengthens the need for educational programs, in the form of debates, campaigns and lectures that can help to raise the level of awareness, as well as encourage involvement in environmental issues and, especially, sharpen the perception of risk.

The impact of participation in the development of initiatives was much greater, in terms of

increasing self-esteem and recognition of a citizen participating in the system, with the right to be heard in relation to the variables that directly interfere in their lives, than in terms of tangible improvements in their living conditions. That is mainly due to the fact that the improvements depend on action by the Public Authorities.

REFERENCES

- Ciria 2015. *Community Engagement*. The Suds Manual. London, p. 715
- Fletcher, T.; Shuster, W.; Hunt, W.F.; Ashley, R.; Butler, D.; Arthur, S.; Trowsdale, S.; Barraud, S.; Semadeni-Davies, A.; Bertrand-Krajewski, J.-L.; Mikkelsen, P. S.; Rivard, G.; Uhl, M.; Dagenais, D.; Viklandern, M., 2015. *SUDS, LID, BMPs, WSUD and more—The evolution and application of terminology surrounding urban drainage*. Urban Water J., 12(7), pp. 1-18.
- Instituto Brasileiro de Geografia E Estatística (IBGE). 2003. Statistics of the twentieth century (Estatísticas do Século XX). Available at <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/29092003estatisticassecxhtml.shtm>. Accessed on 2014/07/13
- Instituto Brasileiro de Geografia E Estatística (IBGE). *Censo Demográfico 2010. Características da população e dos domicílios*. Available at: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010>
- Marengo, J.A. 2008. Water and Climate Change (Água e Mudanças Climáticas). Estudos Avançados, 22(63).
- Roy, A.H. Impediments and Solutions to Sustainable, Watershed-Scale *Urban Stormwater Management: lessons from Australia and United States*. Environmental Management, v. 42, pp. 344-359, 2008.
- Soares, M.T.S.; Lima, M.H.P. *The occurrence of slums in small and medium-sized cities in Rio de Janeiro : the Teresópolis case (A ocorrência de favelas em pequenas e médias cidades do estado do Rio de Janeiro: o caso de Teresópolis)*. Anuário Instituto Geociências. v. 5, pp. 42-55, Rio de Janeiro, 1981. Available at <www.anuario.igeo.ufrj.br/anuario_1981/vol_05_42_55.pdf>. Accessed on June 9, 2016, 8:24pm.
- Thiollent, M. *Action research methodology (Metodologia da pesquisa-ação)*. 11ed. São Paulo: Cortez, 2002. 107 p.
- Van Roon, M., Van Roon, H., 2005. *Low Impact Urban Design and Development Principles for Assessment of Planning, Policy and Development Outcomes*. Working Paper 051. Auckland: Centre for Urban Ecosystem Sustainability and Department of Planning, University of Auckland, pp. 1-9.
- Vieira, V. T.; Cunha, S. B. *Modifications of urban drainage system in Teresópolis (Mudanças na Rede de Drenagem Urbana em Teresópolis)* – Rio de Janeiro. In: Impactos Ambientais no Brasil. Guerra, A. J. T.; Cunha, S. B. (orgs.). Rio de Janeiro: Editora Bertrand, 2001. pp. 111-145.



New urban and neighborhoods: From theory of practice in Brazilian reality

Vanderlei Fabiano G. do Monte

Master's degree in Smart and Sustainable Cities, University Nove de Julho, São Paulo.

arqfabianomonte@uni9.pro.br

Cristiano Capellani Quaresma

PhD of Geography - Master Program Professor in Smart and Sustainable Cities at the University Nove de Julho, São Paulo.

quaresmacc@uni9.pro.br

Rafael Barreto Castelo Cruz

PhD student in Civil Construction and Urban Engineering, Polytechnic School of the University of São Paulo, São Paulo.

rafaelcastelo@usp.br

ABSTRACT: In Brazil, in 1950, 36% of the 54 million people occupied the cities. In 2014, its urban population reached 85% of 202 million, demonstrating the rapid urbanization of the country. This process, however, was not accompanied by planning, resulting in negative impacts on social, environmental and economic spheres. In an attempt to solve the existing problems, some initiatives associated with movements "Smart Growth" and "New Urbanism" have been implemented to make cities more sustainable, such as the creation of smart neighborhoods. However, given the specificity of national socio-spatial formation, it is necessary to evaluate the real consequences of these developments, since their lack of articulation with the urban structure that surrounds belied the very principles on which they are based. This study aimed to identify the socio-spatial impacts, in particular the problems of property speculation, gentrification and mobility caused in the neighborhood Pedra Branca, located in Palhoça / SC-Brazil. Therefore, research is explanatory and adopts technical literature procedures, document reviews, interviews and case studies. The results show that the project analyzed favored real estate speculation, with the increase in land value and the number of real estate developments in their surroundings. They also show that the Whitestone contributed to the emergence of urban mobility problems, which especially affect the proportion of the population working in the neighborhood, but whose purchasing power only allows them to live outside its walls.

Keywords *New urbanism, Smart Neighborhoods, Pedra Branca.*

1. INTRODUCTION

According to United Nations (2015), in 2014, 54% of the world population lived in cities. In 1950, this portion of the population accounted for 30% and, according to projections, will reach 66% in 2050. However, the urban transition did not proceed evenly among the various countries of the globe.

Thus, as occurred in other countries of the South, the Brazilian urbanization process was characterized by rapid development and poor planning, which resulted in the uncontrolled growth of cities (SANTOS, 2014).

Until the 1940s, the Brazilian urban population was 26.35%, through 68.86% in 1980 (SANTOS, 2005) and reaching 84.36% in 2010 (IBGE, 2010). Thereby the share of the population living in cities grew more than 320% in a period of only 70 years.

This rapid increase in the population density of cities has been accompanied by a lack of planning, which resulted in the uncontrolled growth of the same, encouraging real estate speculation and the most varied forms of socio-spatial segregation.

The expulsion of large disadvantaged mass of the population of the central areas, which concentrate most of the services opportunities, employment and leisure, for peripheral areas, dominated by the lack of infrastructure and opportunities, coupled with the targeted territory organization for favoring road transport and individual deepens segregation and creates serious problems of mobility.

In an attempt to solve the existing problems, some initiatives associated with movements "Smart Growth" and "New Urbanism" have been implemented to make cities more sustainable, with the creation of smart neighborhoods.

According Tachieva (2003), the New Urbanism did not invent ideas, but noted previous examples and was based on the empirical. Thus, these movements are grounded in the study of pre-industrial cities where cities have pedestrian priority.

The planning and interventions following the rhetoric of the New Urbanism and Smart Growth are present mainly in the rehabilitation of North American neighborhoods and interventions in Europe, and now they have been studied in academia as a possible solution of the Brazilian metropolises problems, especially in context of urban mobility, as it seeks to discourage car use and encourage the use of the neighborhood for everyday activities.

Among the existing projects in Brazil, we highlight the City Park in São Paulo / SP in the design phase and the Pedra Branca neighborhood located in Palhoça / SC (Romanini, 2014). Given its design of such projects be based on models developed from external and distinct socio-spatial realities of Brazil, besides being in relatively recent movement in the country, it is necessary to further studies aimed at better understanding positive and negative impacts thereof.

So, in an attempt to contribute to this, as well as studies aimed at proposing solutions to the currently existing urban problems, this article aimed to identify socio-spatial impacts, in particular the problems of property speculation, gentrification and mobility caused in the neighborhood Pedra Branca, located in the municipality of Palhoça / SCBrasil.

2. THEORETICAL

According to Sposito (1988), despite the phenomenon of urbanization that this is a process that dates back to antiquity, the city never received such great importance, as well as the very urbanization never dealt with such an expressive process worldwide, as from capitalism.

In view of the urban character of industrial production, cities become the territorial basis of industrial capitalism process and the identity between these two phenomena, industrialization and urbanization, is strengthened.

Thus, the intensification of industrial production, thanks to the accumulation of capital and the technical and scientific development, recognized as the Industrial Revolution allowed the accelerated pace of urbanization (SPOSITO, 1988).

As a result of such acceleration may be cited figures of this process. Thus, according to United Nations (2015), in 2014, 54% of the world population lived in cities. In 1950, this portion of the population accounted for 30% and, according to projections, will reach 66% in 2050. However, the urban transition did not proceed evenly among the various countries of the globe.

The large influx of people from rural to urban areas, and the exhaustion of opportunities in the face of high demand, resulted in the emergence of dramatic paintings, characterized by socio-spatial segregation, the various forms of environmental pollution and increased viscosity of urban flows, affecting the proper development of the economic system that generated it.

So, in an attempt to better understand the process of urbanization, and to contribute towards overcoming their problems generated, there are theoretical approaches, which, according Choay, F. (2015) resulted in a critique of urban dichotomy, according to which opposed the progressive models and culturalist.

Progressive urban planners advocate urbanization that favors industrial development must overcome natural factors such as existing topography and vegetation, cultural factors such as historical districts in favoring the economic and industrial development. This model divides the city into sectors that are interconnected by wide avenues. Seek as an example Hausman avenues plan in Paris and influence the modernist model that will primarily propagator the Swiss franc architect Le Corbusier, who organized the International Congress of Modern Architecture (CIAM), which drew up the Charter of Athens, main document that justified the intervention in cities (CHOAY, 2015).

The antithesis of this will be developed by a critique of industrialization and artifacts by those executed. Thus, the culturalist model's main precursors architect William Morris and John Ruskin, who, under the influence of the Pre-Raphaelite group, propose the rescue of the medieval urbanization, preserving the cultural and historical heritage, natural conditions, the morphology of the courts and topography. It should be noted that this model influences Ebenezer Howard creator of the movement "Garden Cities".

The industrial and financial globalization was instrumental in socio-organization, and thus the progressive model overlaps the culturalist model in the context of urban planning, contributing to the current problems of mobility and segregation of the poorest segments

of the population to outlying areas characterized by neighborhoods where they predominate the needs of urban infrastructure and public transport.

In an attempt to solve these problems planners influenced by the culturalist model formed according Choay (2015), the humanist planning entitled Antropópolis. A member of this movement, the North American sociologist Jane Jacobs (1961), criticizes the orthodox city planning and presents common, everyday principles for the operation of large cities.

Currently contemporary urbanism influenced by the culturalist model and Jane Jacobs concepts are structured on the concepts broadcast by Duany and Zyberk called "New Urbanism" and "Smart Growth".

These are gaining breadth in academic circles and among the planners, basing interventions, such as those occurring in the United States, aiming to avoid the sprawl and suburbanization, and attention to cultural preservation, natural and urban (MACEDO, 2007).

Such a move it is an attempt to integrated urban adaptation to the natural environment or city in which it operates (ANDRADE, 2013), as well as to centralize the daily activities on the scale of the neighborhood (MACEDO 2007).

Thus, the "Smart Growth" or smart planning is structured in the model "Traditional Neighborhood Development" (TND), which recalls the importance of traditional community with neighborhoods that have their center and well-defined boundaries and is based on the mixed zoning which favors the diversity of types of buildings and neighborhoods activities.

Thus, unlike the modernist thinking, which proposes a separate zoning by functions favoring long paths, the letter of the "New Urbanism" approved by the "Congress of the New Urbanism" in 1996, highlights the importance of short trips between the center and the limits the neighborhood. And, between them, they are necessary equipment for education, health, trade, market, services, leisure and housing. These uses are articulated in short distances and this closeness to daily allocation discourages car use and reduces the time and the number of trips avoiding stress in traffic, waste to energy and minimizes costs with great works The first urban intervention using this rhetoric had its opening in the 80's in Seaside resort in Florida and his project was designed by Duany and Zyberk. Since then the theses of New Urbanism and Smart Growth has been used in operations in the United States and Europe (MACEDO, 2007).

After 35 years of its application in different countries in the world, entrepreneurs and urban planners use their guidelines for the implementation of the planned neighborhood called "Pedra Branca - Creative City" in Palhoça - SC.

3. METHODOLOGY

This research can be classified as qualitative and adopts technical procedures of literature review, document analysis, interviews and case studies.

For case study purposes, we adopted the neighborhood Pedra Branca, located in the municipality of Palhoça - SC / Brazil. Palhoça is a city of Florianopolis, its territory covers an area of 395 square kilometers, and according to the last census of 2010 its total

population is estimated at 137,000 inhabitants of which 135,000 live in urban areas with a total population density of 347 inhabitants by Km². The Pedra Branca district this was a family farm that with the establishment of a private university, has changed the dynamic spatial partner site, attracting people and becoming a new center in the region.

This potential has attracted the interest of entrepreneurs, from the late 90s, began the transformation of the site with the subdivision registered as University City Pedra Branca (Figure 1).



Figure 1 – Aerial photo of the region and photomontages of the proposed venture.

Source: Folder property release.

Currently, according to administrators Bairro Pedra Branca has a population of 5 thousand residents, 5,000 working on site and 7000 studying in educational institutions and university.

The choice of that neighborhood is justified, given that, according to its management, design and planning of the same structure in the 10 principles established by the "Congress of the New Urbanism" and the "5Cs", namely creative city, complete, complex and compact with ways to encourage conviviality.

To achieve the objective of this study, there was a technical visit to the site in January 2016. On this occasion, the authors had the opportunity to get information and project documents and interview an architect and an engineer responsible for the administration. Further, courses were held within the district for recognition and obtaining photographic material.

The acquisition and data selection, we tried to observe conformities and non-conformities neighborhood in relation to the mentioned Decalogue, and detailed by Lucchese (2010), namely: Facility for pedestrian; connectivity; mixed use and diversity; Diversification of housing; Quality of architectural and urban design; Structure of a traditional neighborhood; Increased density; environmentally sound public transport; Sustainability; and quality of life.

Also tried to observe indicator elements of development of relations with the environment, from direct observation and cartographic material analysis, namely the map of the master plan of the municipality of Palhoça - SC.

4. RESULTS AND DISCUSSIONS

4.1 Results of interviews

Among the questions used in the interviews, three stand out in this study, as follows:

Question 1: In the course held up the project, there was areas near the district occupied by low income and lack of infrastructure. The project has contributed to the exclusion of such portion of the population?

Answer: The respondents answered that the project did not contribute to the segregation of the neighboring population to the project and highlighted the partnerships established by the Institute of Construction (ICOM) in which have invested resources in the provision of training specialized in construction, with certificate issued by the National Service Industrial Education (Senai). Also highlighted the offering computer courses to people from the surrounding areas. Also highlighted events held within the district, the example of the Spectacle Natalino, open to resident and non-resident population, which brought together thousands of people on December 12, 2015.

Question 2: There satisfaction survey data of the population living and working within the neighborhood?

Answer: The respondents highlighted a satisfaction survey among the residents, which showed that 81.2% of the population are satisfied or very satisfied with the neighborhood. Also highlighted that 24% and 18% of respondents pointed out the beauty of the development and planning of the spaces respectively as differential venture.

Question 3: We found that in the surroundings of the external limits of the project there are a number of new real estate projects. The neighborhood, to raise the value of the square meter could be favoring indirectly the ennobling process "gentrification" which expelled the population of lower income to more peripheral and remote areas of the services offered by the district?

Answer: The respondents pointed out that the project is obeying the use of legislation and land use and had no information about the actions of municipal authorities in areas outside the enterprise.

4.2 Recognition of the area results

The journeys made it possible to identify the presence of principles of new urbanism and smart neighborhoods in the urban quality of the central sector with streets that favor pedestrians and local businesses, as well as the existence of living areas on the sidewalks allowing the permanence and the use of people on the streets.

The proximity of the areas of work, consumption and leisure favor mixed use and inhibit large displacement. The launch of residential complexes with different patterns favors the diversification of housing and enables the interaction of people from different social classes. Here we highlight the role of management, which aims to strengthen these ties from the meetings regularly established with the residents.

It also highlights the well-defined center of a square with public facilities and the limits marked by access roads, which allow connectivity to other districts and the city of Florianópolis.

However, observing the quality of the central sector and its typology, stand out in the perimeter area to neighborhood types that do not match the proposed plan presented, which, being closer to the proposals of the progressive plans of compartmentalization, showed a discontinuity proposal of the regional plan.

This observation was also performed by Ribeiro (2004), which criticizes the proposal of Pedra Branca, indicating that there was a conflict between the goal of the entrepreneur and the goal of the movement, noting that the discourse of sustainable marketing and new urbanism, was used as a tool to enter value and distinction to other ventures.

The analysis evolution data of the values of the Whitestone neighborhood of properties compared to other districts in the municipality of Palhoça for the period March 2015 to May 2016, said that while there was depreciation of real estate because of the crisis financial and real estate, real estate Bairro Pedra Branca suffered appreciation, keeping higher values on the Brejaru neighborhoods, Passa Vinte, Jardim Eldorado, New Way, Rio Grande, San Sebastian and center (Figure 2).

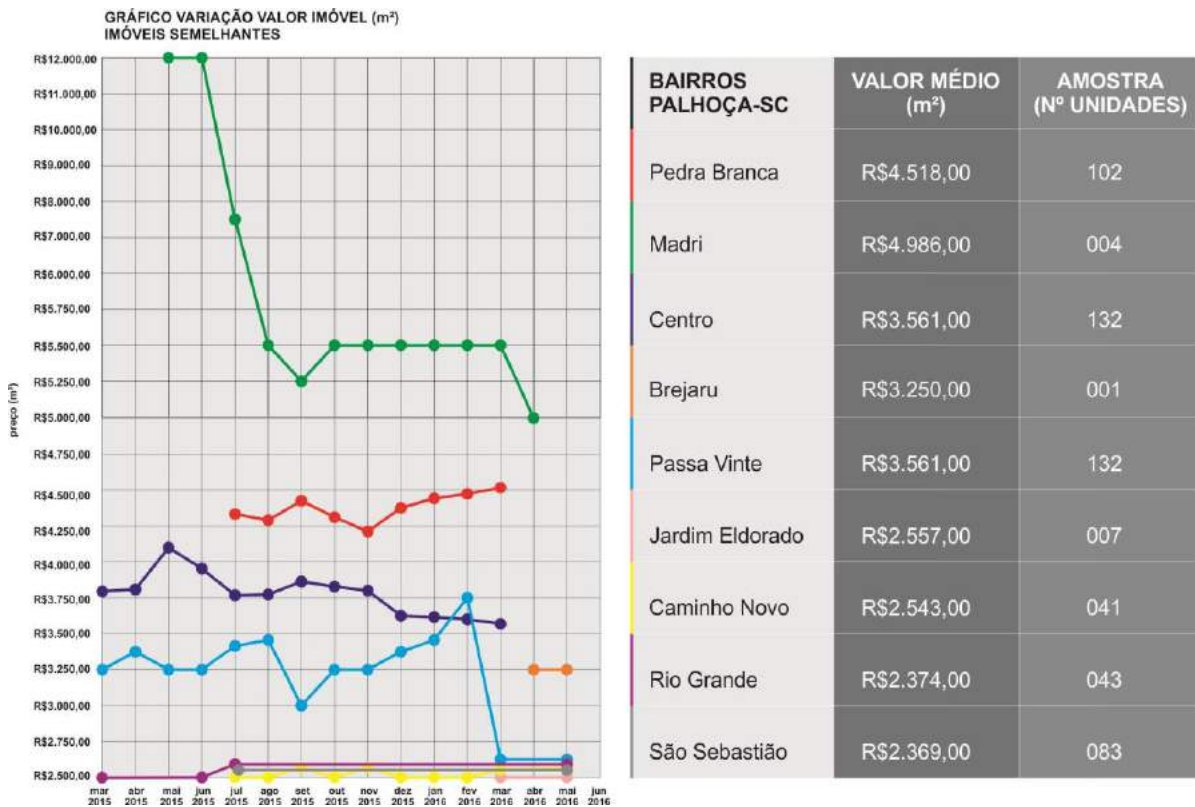


Figure 2 - Change Real Estate Market, from March 2015 - May 2016.

Figure 2 also shows that the Madrid neighborhood had higher values than the values of the square meter of the Whitestone neighborhood, but it turns out that it suffered the biggest depreciation of real estate, among the analyzed neighborhoods.

In general, the observed elements indicated that the urban quality of Pedra Branca and its central features have created an attraction pole of investments that instigate the interest of people who are seeking a better quality than that offered in large urban centers, this

quality also attracts real estate speculators who take advantage of the conditions of infrastructure and land supply to launch their ventures in the surrounding neighborhood.

This trend favors real estate speculation and segregation of the poor population to more distant areas of the enterprise, which lack infrastructure and accessibility conditions.

Thus, such an occurrence will the mismatch of the principles of movement as they make the paths of large portion of the population that works in the neighborhood, but that resides in increasingly remote and peripheral areas, increasingly long.

These indicators potentiate the interest of entrepreneurs and investors in the local favoring economic development, but the urban discontinuity and social distinction undermine the territorial dynamics, causing mobility problems as people living in peripheral areas end up needing to use more modal toward center where their jobs are located, disadvantaging the flow on foot.

The discontinuity of the urban layout of blocks from the central sector and the surrounding area was also observed. You can identify the location of the mixed zone described in the map of the blue color in this context was possible deployment following the principles based on the new urbanism Decalogue.

So, watching the map of the master plan (Figure 3), identifies the central sector of the project highlighted on the map with red dashed line.

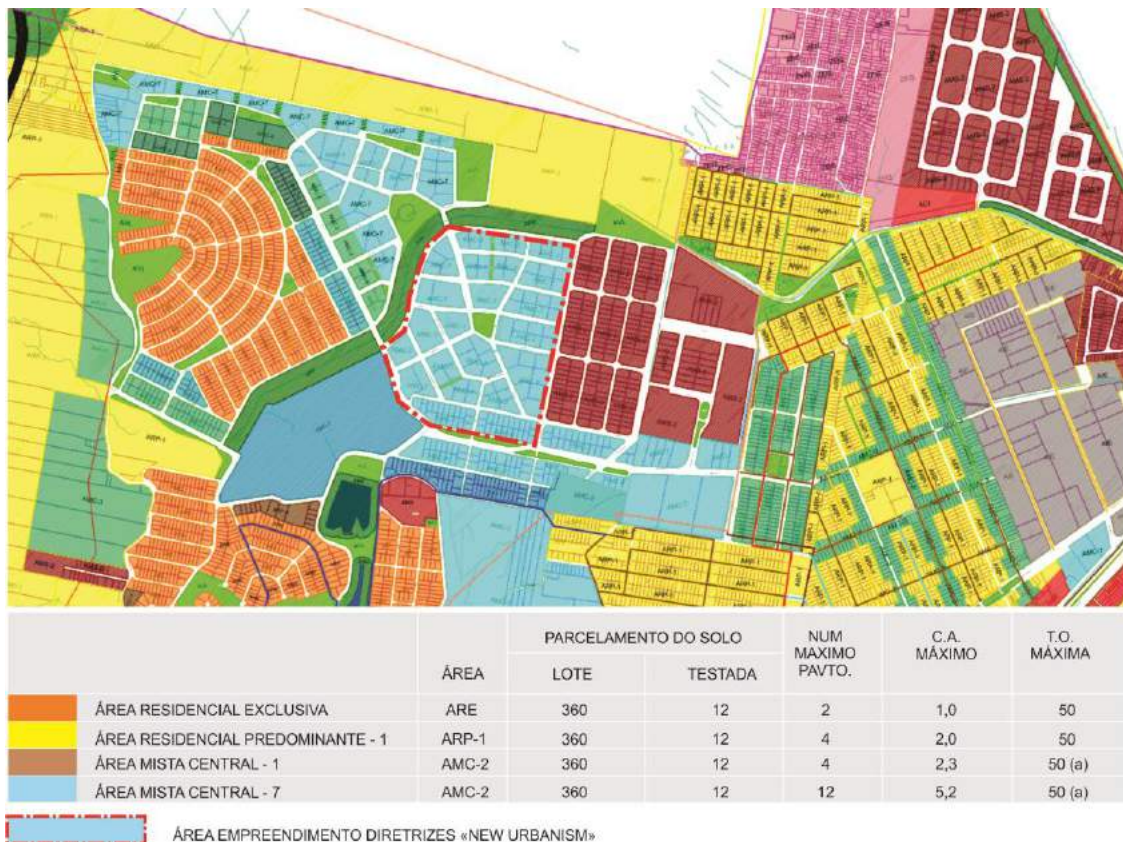


Figure 3 - Map of Use and Land Use / caption and land use indexes.

Source: Adapted Plan of the City of Palhoça.

This area established for the mixed zone enables the diversity of use and occupation, enhancing the project in motion templates. However the plan at the level of the region does not extend this context determining the area only for residential purposes, which does not allow the same urban quality for the rest of the city.

It is surprising the fact that the master plan of the municipality peripheral area is for the less favored social interest for the population, which provides segregation. This area is identified in pink map of Figure 3.

5. CONCLUSION

In this study, we sought to identify the socio-spatial impacts, in particular the problems of property speculation, gentrification and mobility caused in the neighborhood Pedra Branca, located in Palhoça / SCBrasil.

It was found that the project's features are in line with the principles established by the "Congress of the New Urbanism." However, preliminary analysis highlighted problems caused mainly by indirect real estate valuation of the areas surrounding the same, which has promoted the installation of real estate projects of higher socio-economic status, which implies the exclusion of much of the local population.

This process of ennoblement, characterized by the expulsion of the low-income population to more peripheral areas may result in further escalation of existing urban problems, especially those related to mobility, given that a large portion of the population that works in the neighborhood does not reside in the same . Thus, there is the need for greater attention by the municipal government, especially in the regulation of land use and occupation, so that the positive initiatives of the district, are not expected to turn into urban problems that reproduce historical error planning.

Finally, there is the need for further work to enable the lifting of quantitative data about the problems now treated.

REFERENCES

- ANDRADE, G. M.; DOMENEGHINI, J.; MORANDO, J. P. S. K.; ROMANINI, A. 2013. Princípios do Novo Urbanismo no desenvolvimento de bairros Sustentáveis brasileiros. *Revista de Arquitetura da IMED*, 1(2), pp. 90-96., São Paulo, 2013.
- ADINYIRA, E.; OTENG-SEIFAH, S.; ADJEIKUMI, T. 2007 . *A Review of Urban Sustainability Assessment Methodologies*. International Conference on Whole Life Urban Sustainability and its Assessment M. Horner, C. Hardcastle, A. Price, J. Bebbington (Eds) Glasgow, 2007.
- ATKINSON, R.; BRIDGE, G. 2005. *Gentrification in a global context: the new urban colonialism*. (Housing and society series). London: Routledge.
- CHOAY, F. *O Urbanismo*. São Paulo: Perspectiva, 2015.
- GOITIA, F.C. *Uma Breve História do Urbanismo*. Lisboa: Presença, 1982.
- JACOBS, J. *Morte e Vida das Grandes Cidades*. São Paulo: Martins Fontes, 2000.
- MACEDO, A.C. *A Carta do Novo Urbanismo Norte Americano*. São Paulo: Integração, ano XIII, Num. 48, p.11-21, 2007.
- RIBEIRO, F.P. *O New Urbanism e a sua Influência no Brasil: O Caso da Cidade Universitária Pedra Branca e Palhoça*, SC. Porto Alegre, 2004.
- SANTOS, Milton. *A urbanização brasileira*. São Paulo: Edusp, 2005.
- SPOSITO, Maria Encarnação Beltrão. *Capitalismo e urbanização*. Contexto, 1988.
- UNITED NATIONS (2015), Department of Economic and Social Affairs, Population Division. *World Urbanization Prospects: The 2014 Revision*, (ST/ESA/SER.A/366).



A Inserção da Qualidade Ambiental Urbana no Conjunto Habitacional de Interesse Social Zorilda

Deize Sbarai Sanches Ximenes

Universidade De São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, São Paulo, SP, Brazil
deizesanches@usp.br

Catharina Christina Teixeira

Universidade De São Paulo, Instituto de Arquitetura e Urbanismo, São Carlos, SP, Brazil
catharinateixeira@usp.br

ABSTRACT: A ocupação do território, com assentamentos habitacionais precários, em áreas ambientalmente fragilizadas e afastadas dos centros urbanos, é fruto da vulnerabilidade socioeconômica, da população desfavorecida nas metrópoles brasileiras e latino-americanas. Nas últimas décadas, o desenvolvimento sustentável habitacional e urbano tem se fortalecido em diferentes setores das políticas públicas municipais e federais brasileiras, tomando como marco, as agendas internacionais do Habitat e a Agenda 21, do meio ambiente. O Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV-1) de 2009 a 2011, teve na sua primeira fase a meta de construção de 1.000.000 de moradias e na segunda (2011-2015) o objetivo de alcançar mais 2.000.000 de unidades, com recursos federais para empreendimentos habitacionais de interesse social, no atendimento a famílias de baixa renda. Diante da dimensão quantitativa do programa e da avaliação qualitativa dos seus resultados; o órgão financiador, a Caixa Econômica Federal, lançou o Selo Casa Azul, de avaliação da qualidade socioambiental, procurando incentivar boas práticas na implantação de empreendimentos habitacionais; ainda que facultativas. A aplicação da certificação; o Selo Azul, no Conjunto Habitacional Zorilda, construído em auto-gestão com mutirão, para famílias com renda até R\$ 1.600,00, irá mostrar a importância das práticas sustentáveis na arquitetura e no planejamento urbano, buscando qualidade socioambiental.

Palavras chave *Qualidade socioambiental, empreendimentos habitacionais sustentáveis, Selo Casa Azul, CAIXA.*

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a intensificação da urbanização deu-se de forma mais acentuada, a partir da década de 1950, principalmente com o advento da indústria, que serviu como atrativo para o estabelecimento, de um grande contingente populacional nas cidades, em busca de trabalho e melhores condições de vida. A ocupação do território não é homogênea, sendo fortemente caracterizada pela segregação sócio-espacial (Villaça, 2001) e a formação de expressiva área de periferia, ocupada em sua maioria, de modo ilegal (Maricato, 1979). Na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), a população de baixa renda, durante o processo de expansão, se concentrou na periferia; apropriando-se de uma parcela a Leste e a Nordeste, em direção a Área de Preservação Ambiental do Alto Tietê, a Sudeste na região dos mananciais Guarapiranga e Billings e a Norte em direção a Serra da Cantareira; enquanto que a de maior renda, se distribuiu ao longo do setor Sudoeste (Villaça, 2001).

A ação antrópica, fortemente concentrada nos centros urbanos, gerou grande impacto no ambiente construído e no meio físico. O aumento da população associado à diminuição de recursos naturais conduz as cidades a uma situação de esgotamento dos recursos não renováveis e degradação do solo, água e ar, pois o ser humano retira do ambiente natural, os recursos necessários para sua sobrevivência e age como se estes fossem infinitos. Acrescente-se a isto que os dejetos produzidos não voltam para o ambiente natural de maneira produtiva. A população, cada vez maior, foi se acumulando nas bordas do território, muitas vezes ocupando áreas ambientalmente sensíveis, em loteamentos irregulares e assentamentos informais, sem acesso adequado às infraestruturas básicas urbanas e com uma perda significativa da qualidade de vida, além do crescimento frenético, o acesso restrito ao solo urbano, principalmente das áreas centrais de São Paulo, não deixava escolha aos que não podiam pagar por moradia, a não ser assentar-se em condições ilegais e precárias (Maricato, 1979; Bonduki, 2004).

Assim, como a habitação foi fruto da urbanização desenfreada, a problemática ambiental se agrava e a partir desse cenário pode-se compreender a importância que assume a qualidade ambiental urbana, vista como elemento fundamental e estruturador para o alcance da melhoria da qualidade de vida do ser humano e da preservação do ambiente natural.

De acordo com Lombardo (1985) a qualidade da vida humana está diretamente relacionada com a interferência da obra do ser humano no ambiente construído. A natureza humanizada, através das modificações no ambiente, alcança maior expressão nos espaços ocupados pelas cidades.

As áreas urbanas precisam ser repensadas de forma a minimizar os impactos negativos e os crescentes processos de degradação. É fundamental a consciência ecológica intrínseca ao pensamento arquitetônico, na busca de soluções que visam harmonia entre as ações do homem e o ambiente natural dada à fragilidade dos territórios ocupados pelos assentamentos humanos informais.

Os projetos urbanos precisam cumprir um rigoroso planejamento no processo de busca de uma cidade com menor impacto humano e ambiental. Podemos citar três importantes focos de estudo na construção de um projeto urbano sustentável, que devem ser elaborados desde a concepção inicial do projeto: a *análise do terreno*; passando a existir maior preocupação com a correta utilização dos recursos naturais e a redução dos

impactos ambientais, a *análise da edificação em si*; como, o consumo de água, de energia e dos materiais construtivos e a qualidade do ambiente interno, e a *ética ambiental*; com mudanças estruturais em toda a sociedade, com a alteração de hábitos e estilos de vida, chegando finalmente a um modo de vida sustentável (COOK, 2001; ROGERS, 2001; SILVA 2000).

A Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, em 1972, traz os primeiros esforços conjuntos para estruturar várias metodologias na construção de indicadores ambientais e instrumentos de avaliação da sustentabilidade ambiental. Eles surgiram da necessidade de desenvolver um critério de qualificação ambiental que pudesse auxiliar a monitorar e avaliar o desenvolvimento das mudanças, seus impactos sobre o ambiente e o nível de sustentabilidade no contexto urbano.

A partir da primeira Conferência do Habitat I¹ em 1976, as agendas do meio ambiente e da habitação se intercalaram, promovendo um debate global sobre os impactos do adensamento humano no planeta, principalmente nos países periféricos. Na Conferência do Habitat II (1996) em Istambul, surge uma agenda para discussão de acordos globais na direção da erradicação da miséria.

A Agenda 21, brasileira e local (2002) acontece concomitante a Agenda do Habitat para os Municípios (2003), que, associada as políticas públicas possibilitadas pelo Estatuto das Cidades², tem orientado os programas habitacionais no Brasil. Nesta direção, os municípios, através dos seus Planos Diretores Municipais deveriam se articular as políticas setoriais, tratando ao mesmo tempo do direito à moradia, com a recuperação de áreas degradadas e a preservação ambiental (BRASIL, 2010).

Em 2010, a Caixa Econômica Federal, criou o Selo Casa Azul; um instrumento de avaliação socioambiental para empreendimentos habitacionais, desenvolvido para a realidade da construção brasileira e para trazer práticas sustentáveis aos empreendimentos habitacionais e ao espaço urbano.

2. METODOLOGIA

O Selo Casa Azul possui 6 indicadores: qualidade urbana, projeto e conforto, eficiência energética, conservação de recursos materiais, gestão da água e práticas sociais; e possui três níveis de gradação: bronze (19 critérios obrigatórios), prata (19 critérios obrigatórios e mais 6 critérios de livre escolha) e ouro (19 critérios obrigatórios e mais 12 critérios de livre escolha), totalizando 31 critérios.

Tem como objetivos: incentivar o uso racional de recursos naturais na construção e operação dos empreendimentos habitacionais, reduzir o custo de manutenção dos edifícios e as despesas mensais de seus usuários e promover a conscientização de empreendedores e moradores sobre as vantagens das construções sustentáveis.

¹Habitat I. O evento resultou na "Declaração de Vancouver sobre Assentamentos Humanos". Esta declaração também apresenta um plano de ação aprovado no Habitat I, com 64 recomendações de ações nacionais para promover políticas adequadas nos âmbitos locais e regionais, urbanos e rurais.

² LEI nº 10.257, de 10 de julho de 2001 – Estatuto da Cidade (EC), que regulamentou o capítulo da Política Urbana da Constituição, criando instrumentos para a ordenação do uso da terra urbana.

Este trabalho trata da aplicação do Selo Casa Azul na elaboração e execução de um Conjunto Habitacional de Interesse Social, para mostrar a importância das práticas sustentáveis e a inserção da qualidade ambiental urbana na vida dos moradores, no processo participativo da comunidade e na interação entre a ocupação territorial e o meio ambiente.

3. ESTUDO DE CASO

A área de estudo localiza-se em Suzano, município pertencente ao quadrante Noroeste da RMSP, com Área de Proteção Ambiental da bacia hidrográfica do Alto Tietê. É um dos municípios de menor conurbação urbana com a RMSP e seu acesso se dá por uma via secundária que liga São Paulo ao Vale do Paraíba e Rio de Janeiro (CAIO 2011).

O Zorilda Maria dos Santos (Figura 1) é um projeto de Habitação de Interesse Social, financiado pelo PMCMV- Entidades, em execução em regime de construção de auto-gestão com mutirão, atendendo a oitenta moradias em uma área de 24.287 m². O terreno localiza-se na Macrozona Urbana em Consolidação, à Rua Guilherme Garijo, 371 (Figura 2), no município de Suzano e caracteriza-se por ser uma área ZEIS 1 com Área de Preservação Permanente (APP) do Córrego Ribeirão Jaguary e uma mata nativa em estágio inicial de regeneração.

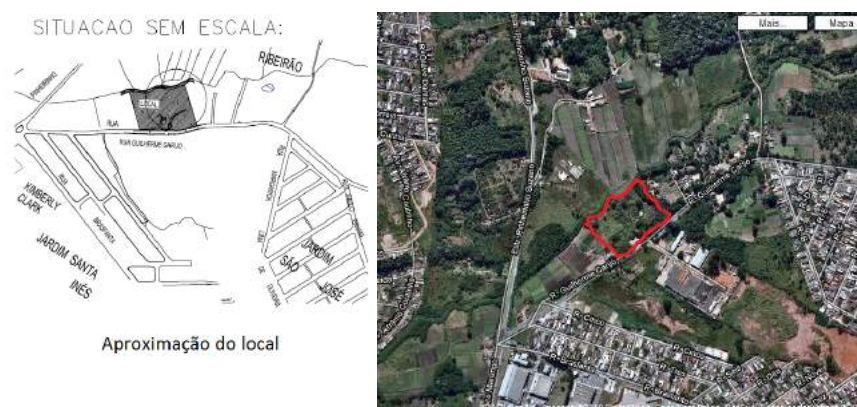


Figura 1. Localização do Conjunto Habitacional Zorilda Fonte: Brasil Habitat e Google, 2012

A área está localizada em zona urbana na porção norte do município, a 1 km do Centro de Boa Vista e 4 km do Centro de Suzano, em uma das principais avenidas que liga Suzano à Mogi das Cruzes. O entorno do terreno é ocupado por chácaras de plantação de hortaliças, pequenas indústrias, e loteamentos habitacionais, estando há cerca de 800 metros, do Centro Comercial Dona Benta. O local, num raio de até 1 km, é abastecido por equipamentos públicos como escolas, unidades de saúde, centros esportivos e centros de referência social e em um raio de 5km, a vizinhança é servida por redes de educação especiais e espaços culturais.

O serviço de abastecimento de água está 100% disponível no local, assim como energia elétrica, telefonia e iluminação pública, no entanto, a região é desprovida de sistema de esgotamento sanitário.³Esta situação transferiu a responsabilidade do poder público para

³“.....porém com previsão de obras em etapas futuras do (PDT) Projeto de Despoluição do Tietê após 2014” (Diretriz Sabesp, 2010).

o empreendedor privado, no caso uma Entidade sem fins lucrativos, a destinação dos resíduos sólidos, que gerou a necessidade de construção de uma Estação de Tratamento de Esgotos (ETE).

A Entidade Organizadora (EO) responsável pelo empreendimento é a Central Pró Moradia Suzanense (CEMOS), uma associação ligada aos movimentos nacionais de luta por moradia, que durante a gestão municipal de 2008 a 2012, na cidade de Suzano, obteve apoio institucional para acessar ao crédito via PMCMV-E e atender as famílias com renda familiar de até R\$1.600,00/mês, além da EO, participaram deste processo a Assessoria Técnica (AT)- Brasil Habitat, desenvolvendo o trabalho interdisciplinar de projetos técnicos das áreas de urbanismo e arquitetura e complementares e a Assessoria Ambiente na construção da obra, que está sendo feito com auto-gestão e mutirão.

O projeto foi desenvolvido de forma participativa com o acompanhamento, discussão e aprovação das famílias. O apelo ambiental do terreno conduziu as decisões de projeto e também, o trabalho técnico social, na direção de garantir uma moradia com qualidade que atendesse critérios sustentáveis.

Sob o aspecto da unidade habitacional, ficou estabelecida a construção de unidades isoladas, com conforto térmico, eficiência energética, com energia solar e que fossem unidades evolutivas, que pudessem receber ampliação. Do ponto de vista do traçado urbanístico foi decidido que além da preservação da mata existente, seria feita a recomposição da mata ciliar do córrego de divisa de fundos. O apelo ambiental do projeto possibilitou a discussão de mecanismos de geração de emprego e renda a partir do uso sustentável das áreas verdes.



Figura 2. Implantação do Conjunto Habitacional Zorilda. Fonte. Brasil Habitat, 2015

Diante das expectativas apresentadas pelo grupo de moradores em relação à qualidade urbana do empreendimento, e das diretrizes ambientais incidentes no terreno, foi implantado o projeto que resultou em um parcelamento de área de 14.210 m² para o uso residencial, circulação de pedestres e veículos, área de lazer coberta e descoberta, 5.508m² destinados a APP do Córrego Jaguary e 4.569m² à mata em estágio inicial de regeneração, isolando as habitações da área sujeita a alagamentos. (Figura 2).

Na faixa de APP de 30 metros e foi proposta uma recomposição vegetal com espécies nativas do bioma Mata Atlântica (Ombrófila Densa) na proporção de 2.000/ha com sementes procedentes da região. A área considerada de Mata em estágio inicial de regeneração foi proposto a preservação com ações educativas que garantiam sua permanência durante a obra e posterior a ela.⁴

Para o tratamento de esgoto doméstico, foi construída uma ETE - Estação de Tratamento de Esgoto com capacidade para atender à vazão média de 61,00 m³/dia, planejada a partir do sistema alternativo baseado na tecnologia "Wetland"; um sistema natural com zona de raízes, que reproduz os processos físicos, químicos e biológicos dos ecossistemas. Formado por um biofiltro, que intercala brita e areia, como meio de suporte por sua capacidade de fixação de colônia de bactérias e formação do biofilme. São cultivadas plantas macrófitas⁵ que interagem com as bactérias, e se utilizam da matéria orgânica, nitrogênio e fósforo como nutriente. Sua capacidade de remoção é de 99 a 99,9% dos coliformes fecais, bem como de outros agentes patogênicos⁶.

As unidades habitacionais são unifamiliares e térreas com 49,63m² de área coberta e 42,03m² de área útil. Foram projetadas com dois dormitórios, sala, cozinha, banheiro e área de serviço externa, em áreas privativas, de 150m² de terreno. Estão organizadas de forma a garantir a privacidade das famílias, com agrupamentos, que buscam a diversidade no conjunto, intercalando e deslocando as geminações. O projeto foi concebido para possibilitar a ampliação das unidades e garantir a integridade arquitetônica do conjunto. O traçado urbanístico priorizou o pedestre deixando para os veículos um único acesso com vagas coletivas em bolsões de estacionamento.

A preocupação com o conforto térmico e eficiência energética se deu nos elementos construtivos. O município de Suzano encontra-se na Zona Bioclimática Z3⁷, caracterizado como região de clima tropical de altitude, com médias anuais em torno de 22°C. Para atender as especificações técnicas adequadas e obter uma boa performance da edificação no quesito de desempenho térmico, a alvenaria de vedação especificada foi de bloco de concreto nas dimensões de 14x19x39 com 2,5 cm de argamassa externa e revestimento interno de gesso, que atende a condição para a Z3 de transmitância térmica de $U = 2,7$ (necessário $U < 3,7$ uma vez que o caráter de absorvância $< 0,6$ com as paredes pintadas de branco), conforme indica Figura 3.

Para as coberturas, o material especificado em projeto foi a telha cerâmica sobre laje que chegaria em $U = 1,92$ com caráter de absorvância $> 0,6$, pois a telha é escura. No entanto por questões de custo, foi utilizada na obra (Figura 3) a telha de fibro cimento com laje pré-moldada chegando a $U = 1,93$ e o caráter de absorvância $< 0,6$ com a telha é clara. Na segunda situação, embora a telha de fibro cimento oferece a obra um caráter de durabilidade questionável, porém no quesito de desempenho térmico, atendeu a

⁴ Projeto de manejo das espécies foi elaborado pela Meta Ambiental Consultoria e Projetos Ambientais.

⁵ Junco, taboa, papirus, helicônias, arroz, etc...

⁶ Proposta elaborada e aprovada nos órgãos responsáveis pela BionConstrução Sustentabilidade.

⁷ NBR 15.220-3 Baseado em: ABNT (2005c), parte 2. Informações obtidas na publicação Selo Casa Azul, 2010, pg 58.

necessidade.

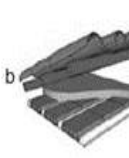
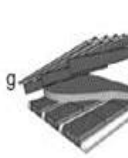
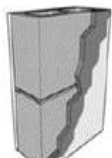
Cobertura tipo	Imagem	Descrição/Propriedades térmicas	Parade tipo	Imagem	Descrição/Propriedades térmicas																																								
b		Laje pré-moldada com cerâmica (12,0cm) Câmara de ar (> 5,0 cm) Telha cerâmica	g		Laje pré-moldada com cerâmica (12,0cm) Câmara de ar (> 5,0cm) Telha fibrocimento																																								
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>CT</th> <th>α</th> <th>FCS</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> <th>[-]</th> <th>[-]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>0.2</td> <td>1.5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1.92</td> <td>113</td> <td>0.4</td> <td>3.1</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0.8</td> <td>6.1</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	U	CT	α	FCS	[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]		0.2	1.5		1.92	113	0.4	3.1		0.8	6.1				<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>CT</th> <th>α</th> <th>FCS</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> <th>[-]</th> <th>[-]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>0.2</td> <td>1.5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1.93</td> <td>106</td> <td>0.4</td> <td>3.1</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0.8</td> <td>6.2</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	U	CT	α	FCS	[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]		0.2	1.5		1.93	106	0.4	3.1		0.8	6.2	
U	CT	α	FCS																																										
[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]																																										
	0.2	1.5																																											
1.92	113	0.4	3.1																																										
	0.8	6.1																																											
U	CT	α	FCS																																										
[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]																																										
	0.2	1.5																																											
1.93	106	0.4	3.1																																										
	0.8	6.2																																											
			e		Gesso interno (2,0cm) Bloco de concreto (14,0 x 19,0 x 39,0cm) Argamassa externa (2,5cm) Pintura externa (n)																																								
			<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>CT</th> <th>α</th> <th>FCS</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> <th>[-]</th> <th>[-]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>0.2</td> <td>2.2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2.7</td> <td>235</td> <td>0.4</td> <td>4.3</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0.8</td> <td>8.6</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		U	CT	α	FCS	[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]		0.2	2.2		2.7	235	0.4	4.3		0.8	8.6																						
U	CT	α	FCS																																										
[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	[-]	[-]																																										
	0.2	2.2																																											
2.7	235	0.4	4.3																																										
	0.8	8.6																																											

Figura 3. Dados das Tabelas 4 e 5 do Selo Casa Azul- Caixa Fonte: Selo Casa Azul, 2010, pg.98 e 99.

As soluções técnicas dadas em relação ao uso da água, esgotamento sanitário e energia solar levaram em conta a capacidade de financiamento do programa e a busca de soluções sustentáveis que não acarretassem ônus condominial às famílias. O Programa Minha Casa Minha Vida (Resolução 141-2009) previa a remuneração extra de R\$2.000,00 por unidade habitacional para os empreendimentos que utilizassem o sistema de aquecimento solar para o chuveiro por sistema aprovado pelo INMETRO, o Zorilda utilizou esta prerrogativa, além do sistema de medição individualizado de água e energia elétrica.

No que se refere as práticas sociais, o Trabalho Técnico Social acompanhou o desenvolvimento do projeto e da obra garantindo a participação e engajamento das famílias. Em linhas gerais, as ações do trabalho social permearam a questão ambiental, a autonomia das famílias e o fortalecimento do grupo, com participação comunitária nas atividades de educação sanitária, ambiental e patrimonial.

A geração de emprego e renda foi um dos eixos de discussão do projeto, que se estruturou na parceria e implementação de oficinas com agentes externos, abordando a possibilidade de capacitação dos interessados em projetos como, o “agro floresta” – produção de plantas medicinais e reprodução de mudas de espécies nativas para a comercialização.

3. APLICAÇÃO DO SELO

A tabela abaixo demonstra a aplicação do Selo no Conjunto Hab. Zorilda Maria dos Santos.

Tabela 1. Quadro da Certificação Selo Casa Azul

CATEGORIAS/CRITÉRIOS	ZORILDA / CLASSIFICAÇÃO		
	BRONZE	PRATA	OURO
PONTUAÇÃO DAS CATEGORIAS	Critérios obrigatórios	obrigatórios mais 6 de livre escolha	obrigatórios mais 12de livre escolha
1. QUALIDADE URBANA			
1.1 Qualidade do Entorno - Infraestrutura	atende	obrigatório	
1.2 Qualidade do Entorno - Impactos	atende	obrigatório	
1.3 Melhorias no Entorno			
1.4 Recuperação de Áreas Degradadas	atende		
1.5 Reabilitação de Imóveis			
2. PROJETO E CONFORTO			
2.1 Paisagismo	atende	obrigatório	
2.2 Flexibilidade de Projeto	atende		
2.3 Relação com a Vizinhança			
2.4 Solução Alternativa de Transporte			

2.5 Local para Coleta Seletiva	atende	obrigatório
2.6 Equipamentos de Lazer, Sociais e Esportivos	atende	obrigatório
2.7 Desempenho Térmico - Vedações	atende	obrigatório
2.8 Desempenho Térmico - Orientação ao Sol e Ventos	atende	obrigatório
2.9 Iluminação Natural de Áreas Comuns	atende	
2.10 Ventilação e Iluminação Natural de Banheiros	atende	
2.11 Adequação às Condições Físicas do Terreno	atende	
3. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA		
3.1 Lâmpadas de Baixo Consumo - Áreas Privativas	atende	obrigatório
3.2 Dispositivos Economizadores - Áreas Comuns	atende	obrigatório
3.3 Sistema de Aquecimento Solar	atende	
3.4 Sistemas de Aquecimento à Gás		
3.5 Medição Individualizada – Gás	atende	obrigatório
3.6 Elevadores Eficientes		
3.7 Eletrodomésticos Eficientes		
3.8 Fontes Alternativas de Energia		
4. CONSERVAÇÃO RECURSOS MATERIAIS		
4.1 Coordenação Modular	atende	
4.2 Qualidade de Materiais e Componentes		obrigatório
4.3 Componentes Industrializados ou Pré-fabricados		
4.4 Formas e Escoras Reutilizáveis	Não avalio	obrigatório
4.5 Gestão de Resíduos de Construção e Demolição (RCD)	Não avalio	obrigatório
4.6 Concreto com Dosagem Otimizada		
4.7 Cimento de Alto-Forno (CPIII) e Pozolânico (CP IV)		
4.8 Pavimentação com RCD		
4.9 Facilidade de Manutenção da Fachada		
4.10 Madeira Plantada ou Certificada		
5. GESTÃO DA ÁGUA		
5.1 Medição Individualizada - Água	atende	obrigatório
5.2 Dispositivos Economizadores - Sistema de Descarga.	atende	obrigatório
5.3 Dispositivos Economizadores – Arejadores		
5.4 Dispositivos Economizadores Registro Regul. de Vazão		
5.5 Aproveitamento de Águas Pluviais		
5.6 Retenção de Águas Pluviais		
5.7 Infiltração de Águas Pluviais	atende	
5.8 Áreas Permeáveis obrigatório	atende	obrigatório
6. PRÁTICAS SOCIAIS		
6.1 Educação para a Gestão de RCD	atende	obrigatório
6.2 Educação Ambiental dos Empregados	atende	obrigatório
6.3 Desenvolvimento Pessoal dos Empregados	atende	
6.4 Capacitação Profissional dos Empregados	atende	
6.5 Inclusão de trabalhadores locais	atende	
6.6 Participação da Comunidade na Elaboração do Projeto	atende	

6.7 Orientação aos Moradores	atende	obrigatório
6.8 Educação Ambiental dos Moradores	atende	
6.9 Capacitação para Gestão do Empreendimento	atende	
6.10 Ações para Mitigação de Riscos Sociais	atende	
6.11 Ações para a Geração de Emprego e Renda	atende	

Pontuação final: O empreendimento atende 32 critérios, sendo 16 dos 19 critérios obrigatórios, pontuando com 13 critérios suplementares.

4. CONCLUSÃO

Com a análise qualitativa do Zorilda, dentro dos critérios do Selo Casa Azul, concluímos que o projeto cumpre, na sua grande maioria, com os quesitos obrigatórios referente à qualidade urbana, projeto e conforto, eficiência energética, gestão da água e práticas sociais, pontuando para além da categoria Bronze, com 13 critérios suplementares.⁸ Exceção feita no quesito Conservação de Recursos Naturais, por se tratar de um empreendimento em fase de obras, impossibilitando uma avaliação final.

A pontuação extra (13), em maior número, se dá no ítem práticas sociais. Isso ocorre por tratar-se de um empreendimento em construção com a participação dos beneficiários, envolvidos em um projeto em condições ambientalmente favoráveis, valorizadas e preservadas pelo grupo alvo, diante de outros conjuntos habitacionais construídos pelo PMCMV.

Pode-se dizer que a projeção deste empreendimento é de adquirir o Selo Ouro, se forem confirmados os itens: 4.2 Qualidade de Materiais e Componentes, 4.4 Formas e Escoras Reutilizáveis e 4.5 Gestão de Resíduos de Construção e Demolição. É importante observar que por tratar-se de um programa habitacional que não pratica o reajuste contratual, o quesito “*qualidade de materiais e componentes*” pode sofrer impactos e consumir, pelo tempo de obra, a reserva para o uso de materiais termicamente adequados, especificados em projetos que atendiam ao Selo. Como foi o caso da substituição da telha cerâmica pela de fibro cimento.

A produção habitacional, do PMCMV, apesar da sua magnitude, possui poucos exemplos de adesão aos critérios de sustentabilidade socioambiental urbana e ao conforto e eficiência das edificações. Foram 10⁹ os empreendimentos qualificados a nível nacional com o Selo Casa Azul da CAIXA, isso demonstra a pouca aderência do Selo, seja pelo impacto sobre o custo e/ou por falta de interesse dos construtores.

Os parâmetros sugeridos, da forma como vem sendo colocado, não tem contribuído para uma produção habitacional sustentável, com qualidade urbana e ambiental. O Selo contribui com este debate, porém tem muitas limitações voltados ao ambiente urbano, está longe de alterar a realidade do ambiente construído.

É necessário a inserção de novos indicadores ambientais voltados para o contexto urbano, como as relações com o entorno, a configuração urbana, as dinâmicas urbanas, as conexões do sistema viário, os acessos ao transporte público, a drenagem urbana

⁸Os critérios suplementares foram anotados em negrito itálico no Quadro 1.

⁹<http://www.caixa.gov.br/sustentabilidade/produtos-servicos/selo-casa-azul/Paginas/default.aspx>. Acesso: 26/03/2016.

sustentável, a produção de alimentos no espaço público, a arborização urbana, o uso misto nas edificações para melhorar as condições de geração e renda e espaços afetivos e simbólicos no assentamento urbano. Isso se dá também, devido à falta de interesse das políticas públicas habitacionais em fomentar ações que incentivem a valorização do espaço urbano.

Como proposta, o Selo Casa Azul poderia incluir, indicadores voltados à qualidade do ambiente urbano, oferecendo diretrizes projetuais que valorizassem a relação do edifício com seu espaço urbano, esses indicadores poderiam estar associados a uma política pública que recompensasse as melhores soluções, oferecendo condições suplementares de financiamento. Uma prerrogativa como esta, atrairia o interesse do mercado imobiliário e poderia conduzir a resultados mais atraentes dos os que foram obtidos com a produção de Habitação de Interesse Social desenvolvidas pelo PMCMV, muito questionadas, até então. Poderia ser uma prerrogativa para tentar interromper o processo que vem ocorrendo com a ocupação das periferias, principalmente das cidades menores, com grandes conjuntos habitacionais distantes dos centros e do que se pode considerar como práticas sócioambientais sustentáveis.

REFERÊNCIAS

- AMORE, Caio Santo. *Entre o Nó e o Fato Consumado, o Lugar dos Pobres na Cidade: um Estudo sobre as Zeis e os Impasses da Reforma Urbana na Atualidade*. Tese de doutorado- 2003- FAUUSP- 2003. CAIXA: <http://www1.caixa.gov.br/download/asp/download.asp>. Selo Casa Azul, 2010.
- COOK, Jeffrey. Millennium Measures of Sustainability: Beyond Bioclimat Architecture In: *Proceedings of PLEA 2001 Conference – The 18 th International Conference on Passive and Low Energy Architecture – Renewable Energy for a Sustainable Development of Built Environment*, 2001.
- FERREIRA, João S.W. *Produzir casas ou construir cidades*. Desafios para um novo Brasil urbano. Parâmetros de qualidade para a implantação de projetos habitacionais e urbanos. Fupam, 2012.
- LUENGO, Gerardo. Elementos para la definición y evaluación de la calidad ambiental urbana. *Una propuesta teórico-metodológica*. Anais do IV Seminário Latinoamericano de Calidad de Vida Urbana. Tandil (Argentina), 8 a 11 de setembro de 1998
- MARICATO, E. *Autoconstrução, a Arquitetura Possível*. in: a Produção Capitalista da Casa (e da cidade) no Brasil Industrial. São Paulo: Alfa-omega, 1979
- _____. *Brasil, Cidades, Alternativas para a Crise Urbana*. Petrópolis: Vozes, 2001.
- ROMERO, Marta Adriana Bustos. *A Arquitetura Bioclimática do Espaço Público*. Brasília, Editora Universidade de Brasília, 2007.
- VILLAÇA, Flávio. *Espaço Intra-Urbano (sic) no Brasil*. São Paulo: Editora Nobel, 2001, 2ª. edição.



Design recommendations for residential neighborhoods of socio-environmental value

Karla Moreira Conde

Federal University of Espírito Santo, Department of Civil Engineering, Vitória (ES), Brazil
karla.conde@ufes.br

Silvia Mikami Pina

Graduate Program in Architecture, Technology and the City, UNICAMP - University of Campinas, Brazil
silviaunicamp@gmail.com

ABSTRACT: The socio-environmental quality of residential neighborhoods can be found in the development of pleasant spaces for people to live, in addressing daily needs and in how users perceive the urban environment. The main characteristic of areas identified as displaying a high socio-environmental quality is the liveability of the urban spaces. This study is based on the hypothesis that certain dimensions of the city associated to urban design can construct and maintain a socio-environmental quality in residential neighborhoods, the value of which is perceived by the community. Urban dimensions related to socio-cultural aspects, urban form and semantic perception, when added to the perceptions of the desired value and the received value in a certain residential neighborhood by the people who live there, develop the quality of the urban environment. The main objective of this survey was to identify possible urban dimensions that allow and encourage the permanence of liveability in residential neighborhoods. In order to achieve this, a case study was developed in a residential area composed of two neighborhoods in the city of Vitória/ES/Brazil identified as displaying a high socio-environmental urban quality and maintaining the liveability of their urban spaces over the years. The urban elements which promote the perception or not of the attributes of value in the urban space were identified. The proposed design recommendations were prepared based on the results of the study. It is hoped that these recommendations can contribute to guide future projects where socio-environmental urban quality is a priority.

Keywords *Residential neighborhoods; urban environmental quality; socio-environmental value.*

1. INTRODUCTION

Urban socio-environmental quality is influenced by a wide range of aspects that compose its physical-spatial dimensions and activity systems that interact with the population by means of experiences, perceptions and everyday actions (Del Rio & Siembieda, 2013). Therefore, such quality is related to urban spaces that remain attractive for use and life in the community (Coelho, 2005). The main characteristic of areas identified as displaying a high socio-environmental quality is the liveability of their urban spaces. It is important to highlight that, although the term liveability could give the exclusive idea of urban dynamism, its concept is associated to different gradients of intensity of social life, abundant possibilities of identity (Norberg-Schulz, 1975) and the diversification of the notion of quality of life. Also, the attribution of liveability to the urban environment can be related to different activities, needs and desires (Qawasmeh, 2014).

On the other hand, people attribute value to the urban environment by means of subjective criteria, based on socio-cultural standards and personal references. Also, the perception of the urban environmental value is multidimensional because it is influenced by the social characteristics, the physical space, and the environmental perception. And, although the perception of value is personal to the individual, the value is also attributed by the community from common points of view. Therefore, the urban socio-environmental quality is related to the value that is attributed to the urban space by the community by means of the relationships that are established between individuals and between these and the urban environment, i.e. it is limited to the socio-environmental value rather than the economic value (Carmona *et al.*, 2002). Therefore, it is assumed that the urban socio-environmental quality is developed by means of the urban dimensions, which include the social aspects, the aspects of the urban form, and perceptive aspects, in addition to the perception of the urban environmental value of a community and the identification of the existence of aspects that attribute value in a certain residential neighborhood by those who live there.

This article presents a study regarding how the urban socio-environmental quality of the public spaces in residential neighborhoods can be influenced by the urban dimensions. To achieve this, a case study was performed in the city of Vitória, the capital of the State of Espírito Santo / Brazil, in a residential area composed of two neighborhoods – Jardim da Penha and Mata da Praia, identified as being of high socio-environmental quality by the liveability presented in their urban spaces over the years.

The study was performed from the perspective of socio-environmental value, and investigated the urban dimensions through the quality of urban open spaces. The analysis focused on the social aspects, the elements of urban form, the semantic perception regarding the urban environment, and the perception of the socio-environmental value by the residents. As a result, sets of urban elements were identified, including the urban dimensions and their correlations with the perception of the socio-environmental value by the users of the residential area, which allowed and encouraged the permanence of the liveability in the residential neighborhoods. Design recommendations were proposed based on the urban elements present in the residential area under examination that contributed to the perception of the urban socio-environmental value.

2. THE RESIDENTIAL AREA UNDER EXAMINATION

The residential area selected for the case study is composed of the neighborhoods of Jardim da Penha and Mata da Praia. These had their origins in different plans, approved by the municipal government in 1952 and 1974, respectively, with distinct urbanistic references and occupational histories, differentiating from each other by their urban dimensions (Fig. 1). The urban layouts have remained unaltered with the passing of the years, absorbing population growth and urban development. The particularities of each neighborhood will now be presented separately.



Figure 1. Residential area under examination. To the left is the Mata da Praia neighborhood and to the right is the neighborhood of Jardim da Penha.

Source: http://www.leonelalbuquerque.com.br/leonelalbuquerque_new/cgi-bin/principal.asp.
Accessed July 2014.

2.1 Jardim da Penha

The layout of the neighborhood is composed of an orthogonal web of wide avenues forming diagonals that converge in squares that are 80m in diameter. This overlaps another layout made of streets that are approximately parallel and perpendicular to the beach, accompanying the curvature of the shoreline (Fig. 2). The Jardim da Penha neighborhood has a variety of services, trade and stores that, for the most part, are situated on the streets that are diagonal and perpendicular to the shoreline. Mixed-use buildings are common, with the ground floor being used for trade and services and the remaining floors having offices or apartments. There is a uniformity of construction type, with 4-storey buildings occupying almost all the land with no leisure area. This serves as an incentive for residents to use the open public spaces for leisure and for interaction with the neighborhood. The sidewalks are tree-lined and there is an intense movement of pedestrians. Jardim da Penha is the neighborhood with the second largest population density in Vitória/ES. In 2010, the population of the Jardim da Penha neighborhood was approximately 30,571 residents, occupying an area of approximately 1,467 km², with a gross density of 20.85 res/km² (IJSN, 2011). This high population density is observed in

the movement in the public spaces, influenced by the diversity of trade, services and facilities and by the availability of leisure areas. The urban layout that differentiates the Jardim da Penha neighborhood from other locations in the city, combined with the diversity of uses, configures an urban space that remains attractive for use and life in the community.

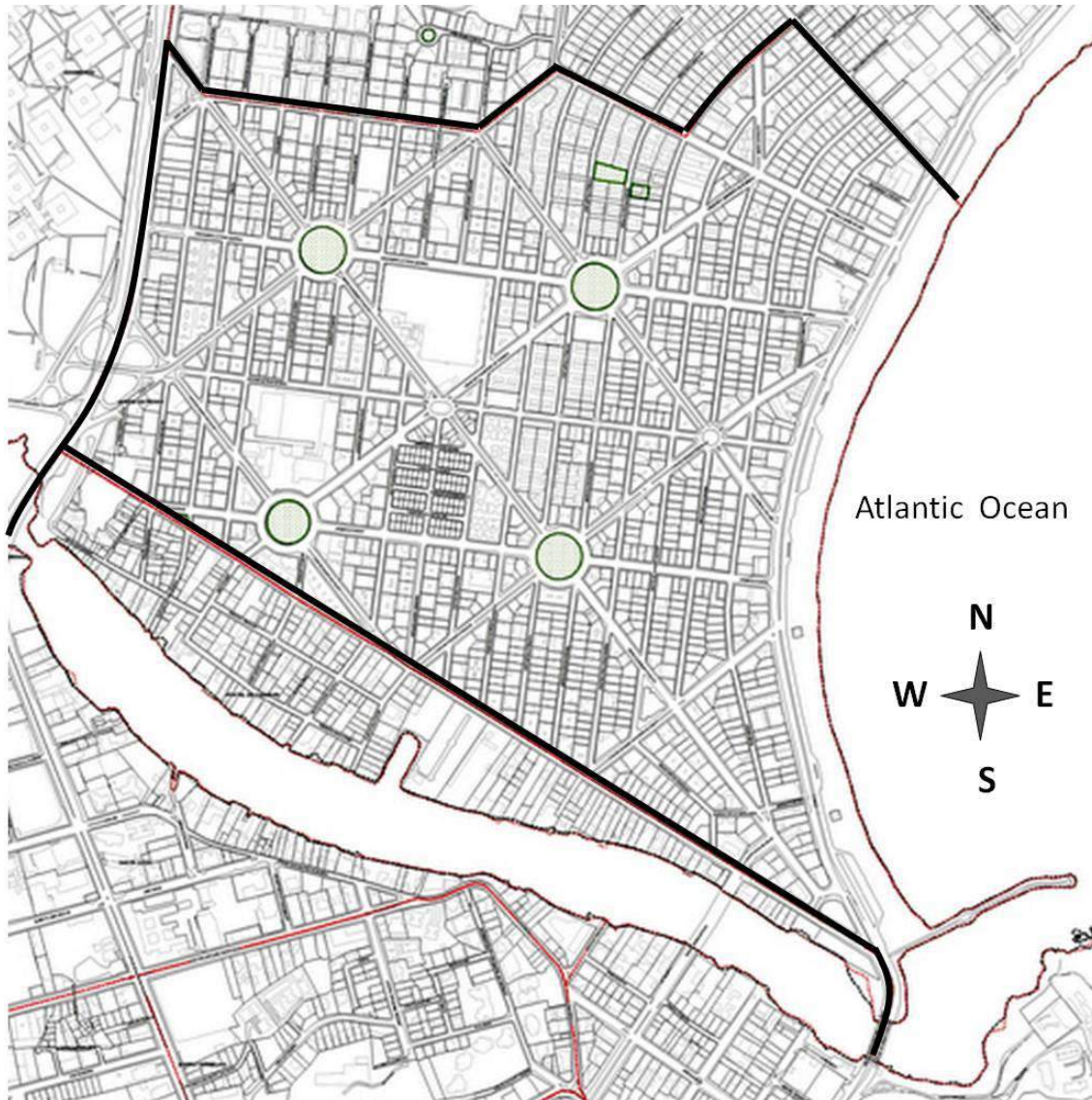


Figure 2. Layout of the Jardim da Penha neighborhood.

Source: adapted from the map of the neighborhood of Jardim da Penha taken from the intranet of the Municipal Government of Vitória, 2012.

2.2 Mata da Praia

The urbanization plan for the neighborhood of Mata da Praia was divided into three areas: one formed by superblocks along the shoreline of the beach, designed for 14-storey residential buildings (Fig. 3, Area 1); one formed by single-family residences of up to 2 floors (Fig. 3, Area 2), and one with 4-storey buildings (Fig. 3, Area 3). The two first areas

have a uniform type and characteristics that are unique to the urbanization plan, being different from each other and distinct from other parts of the city. Area 3 accompanies the morphological aspects of the nearby neighborhoods not only with respect to the type of buildings but also regarding the occupation of the land, being, therefore, similar to the Jardim da Penha neighborhood in that the land is almost entirely occupied by the buildings and also similar to the surrounding residences of the Morada de Camburi neighborhood, to the north. In Area 3, in addition to the presence of trade on the ground floor of the buildings, there is a municipal park of 100,000 m², which attracts visitors from all the city of Vitória and tourists.

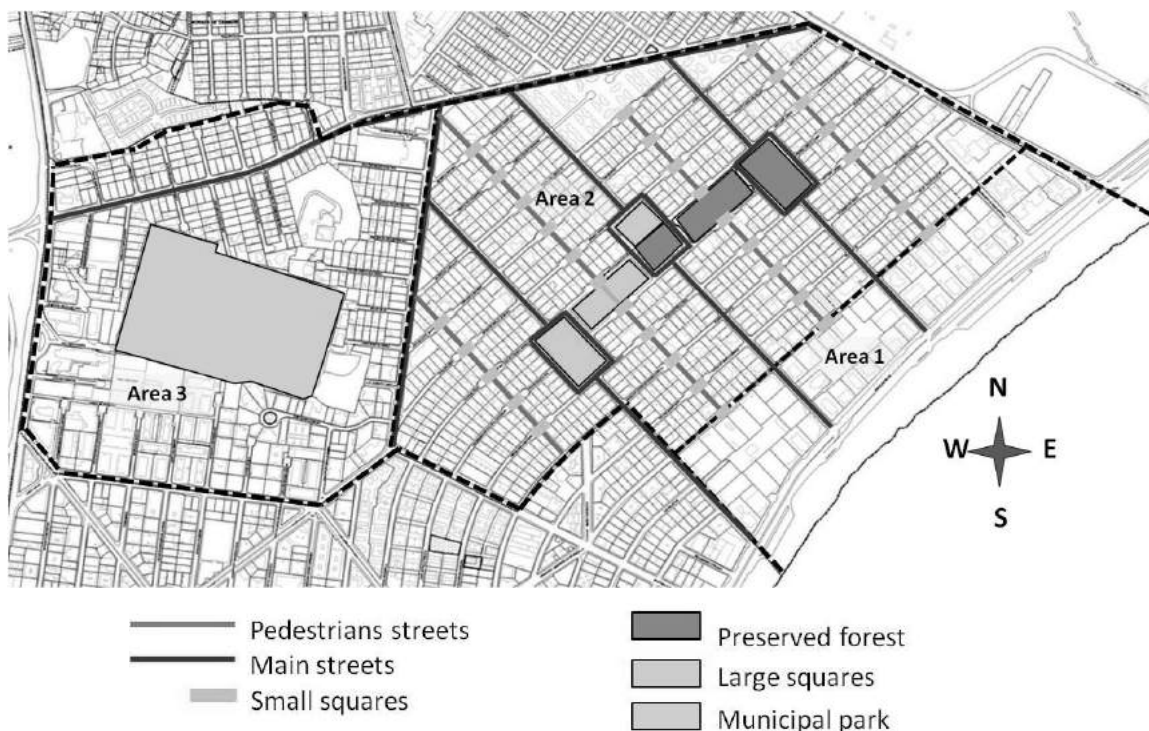


Figure 3. Limits of the Mata da Praia neighborhood. Distribution of the different types of occupation.

Source: adapted from the map of the neighborhood of Mata da Praia taken from the intranet of the Municipal Government of Vitória, 2012.

The layout of the streets was designed so as to impede traffic parallel to the beach and the diversion of the passage of vehicles from the shoreline avenue to the internal streets in case the municipal authorities closed off the shoreline for the use of leisure activities, festivities or other events. On the other hand, exclusive streets for pedestrians were designed to provide access to the neighborhood on foot so that the residents could get around without contact with traffic. The main streets of the neighborhood, perpendicular to the shoreline, provide access to the local streets that end in a cul-de-sac, forming dozens of small squares distributed throughout the neighborhood. A set of five large squares was planned for the central region of the neighborhood, with an area exceeding 44,000 m². In approximately half of this area, the *restinga* forest was preserved, with paths where the native vegetation could be crossed. The other half of the area has leisure equipment and

gardens. In Area 1, the superblocks are subdivided into lots, where each building occupies 30% of the lot, located in the center of the land, guaranteed by a lateral spacing of 8 meters, which results in the buildings having 16 meters of spacing from each other. In the interior of the superblocks, private clubs are located that are exclusive to the residents of the block. In 2010, the population of the Mata da Praia neighborhood was approximately 10,594 residents, occupying an area of about 1,352 km², with a gross density of 7.83 res/km² (IJSN, 2011).

3. THE SURVEY

The case study was performed in two stages. In the preliminary stage, maximum variation sampling was used in interviews with open questions. The preliminary stage had the objective of collecting qualitative information. To achieve this, a sample of twelve residents from the residential area under examination was selected, with six residents from each neighborhood. In the final stage of the survey, in order to assess quantitative data regarding categorical variables, or qualitative variables, the calculation of simple random sampling was used to obtain the minimum size of the sample. The sample was composed of 176 interviewees. Because the quantities of interviewed residents and non-residents were different, as was the population of each neighborhood, weighted averages were calculated so that the residents and non-residents had the same representation and the proportions referring to the population densities of each neighborhood were maintained.

The identification of the social dimension, i.e. of the socio-cultural characteristics of the residents and/or users of the neighborhoods under examination, was prepared by means of the census data and by news reported in the main newspapers of the State of Espírito Santo, in issues from the 1980s to the present. For this survey, news reports were selected with information about the urban environment, excluding those reports identified as being for promotional purposes. The neighborhood of Jardim da Penha has a population density that is approximately three times greater than that of the Mata da Praia neighborhood, 20.85 res/km² and 7.83 res/km² respectively. The average number of residents per household in the Jardim da Penha neighborhood is predominantly from 1.84 to 2.83, whereas in the neighborhood of Mata da Praia, it is from 2.84 to 5.59. The population density and the average number of residents per household indicate the different manners of use of the public space. In the Jardim da Penha neighborhood, a larger movement of people in the streets and a larger social interaction is noted, accentuated by the wide option of trade, services and local facilities, which also attract non-residents to the neighborhood. In the Mata da Praia neighborhood, the use of the public space is less intense and is predominantly used for leisure, such as the practice of sports and meetings of neighbors.

The survey of the characteristics of the urban form in the residential area under study was developed with an analysis of the following elements: urban layout, use of land, building type, density, transport connections, and infrastructure. For this purpose, *in loco* non-structured observations and an analysis of documents were made. An interview with Dirceu Carneiro, the architect who planned the Mata da Praia neighborhood, was conducted to complement the analysis regarding the urbanistic references of the plan of

the neighborhood. The dimensional analysis of the urban form included the completing of questionnaires by the users of the neighborhoods about “how do you move around the neighborhood”, “what are the spaces that you most frequent and experience” and “what do you think is lacking in the neighborhood”. In both the neighborhoods, the form of use and occupation of the lots shaped the relationships with the public space. In the Jardim da Penha neighborhood, the street becomes an extension of the space of interaction and is the leisure option for the residents in the neighborhood, as well as providing space for other daily activities. In the Mata da Praia neighborhood, there are three significantly distinct areas of use and occupation that establish different relationships with the urban space: the superblocks with the 14-storey buildings, not only provide neighborly relationships between the residents of the block, but also reinforce a distinction and distancing from the public space; in the area of single-family households, the exclusive alleyways for pedestrians, the small squares and the streets with a cul-de-sac encourage the coexistence between residents and establish intermediary environments between the private space and the public space with a greater movement of people, whereas in the area of 4-storey buildings, the relationships resemble those of the neighborhood of Jardim da Penha.

For the identification of the perception of the users with respect to the urban space in the neighborhoods under examination, investigation instruments were used in two stages of the survey. In the preliminary stage, in a maximum variation sampling, through open questions about perceptions of the quality of the urban environment in the neighborhoods, semantic qualities were selected from the urban elements and general impressions of the neighborhoods as they were mentioned on a recurring basis. With this information, in the subsequent stage a questionnaire was prepared to evaluate the perceptive dimension in the neighborhoods under analysis, where the interviewees evaluated the semantic qualities related to the general impression of the neighborhood, to the quality of the neighborhood for housing, to the elements of the urban form defined by Dempsey et al. (2010), and to the structural and morphological categories of analysis of the architecture of places established by Kohlsdorf (1995). Figure 4 presents a summary of the semantic perception in the neighborhoods under examination.

For the identification of the desired socio-environmental value in the neighborhoods, i.e. what would be an ideal neighborhood to live in as perceived by the users from pre-selected value attributes (Conde, 2015), users were asked about the importance of each attribute in an ideal neighborhood. The recurrence of affirmative answers for each attribute made possible the identification of a hierarchy of desired value attributes (Tab. 1).

The identification of the received socio-environmental value, i.e. the judgment of value about the experience in a certain neighborhood, was assessed by questionnaire. The following question was asked: “Do you perceive this attribute in the neighborhood of Jardim da Penha/Mata da Praia? (On a scale of 1 to 5, where 1 is not perceived and 5 is fully perceived)”. A data collection form was used to record the answers about received value. The recurrence of the answers was recorded for each attribute (aspect). This value was multiplied by the equivalent weighting factor (1 to 5), divided by the number of respondents, thereby obtaining an average for each attribute. There is a summary of the results of the perceptions of socio-environmental value in the residential area under

examination in Table 1. The survey presented stratified results, as in the example of perception of residents and non-residents (Conde, 2015).

The study included a comparative analysis between the urban dimensions and the value attributes in the residential neighborhoods as perceived by the respondents. Sets of urban elements were identified as being present, which included the urban dimensions and how these influence the manner in which the value attributes are perceived or not in the residential neighborhoods under analysis.

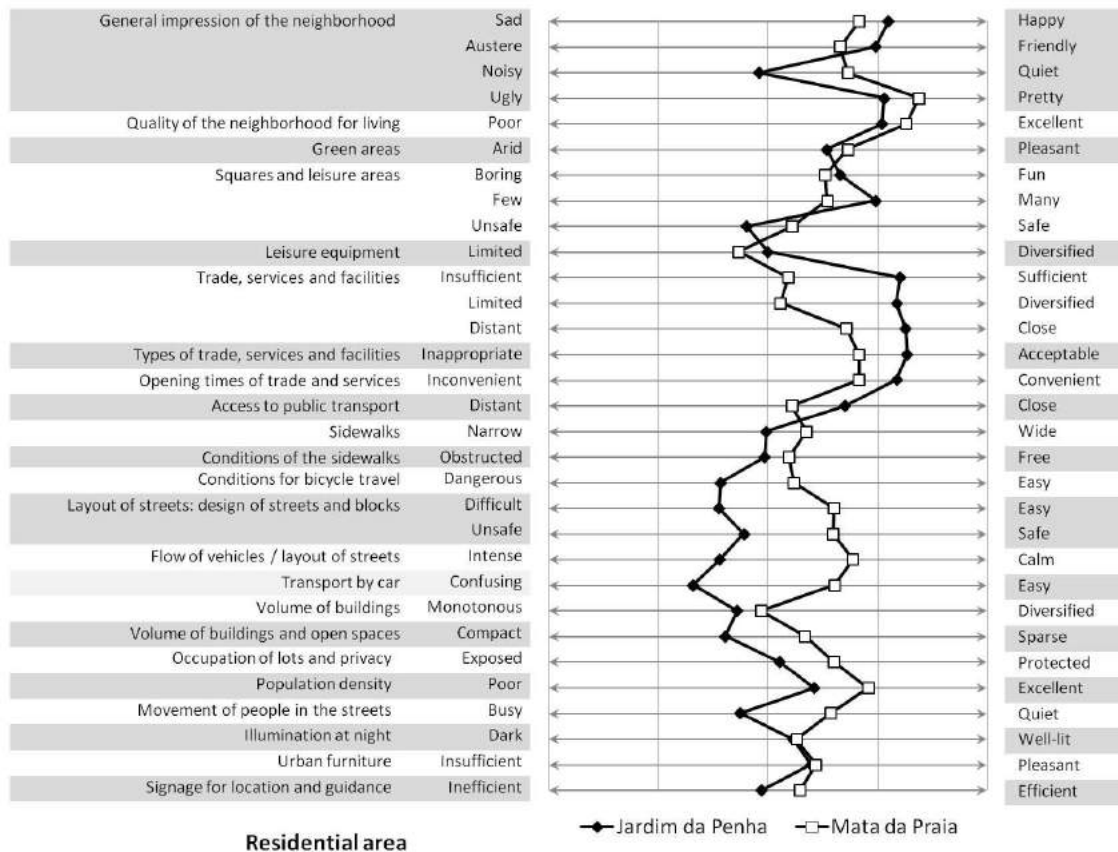


Figure 4. Summary of the results of semantic perception in the neighborhoods under examination.

The design recommendations for residential neighborhoods were prepared based on the sets of urban elements identified in the area under study. In the presentation of the design recommendations for residential neighborhoods of urban socio-environmental value, the attributes of value are listed in hierarchical order. This indicates the design recommendations of greatest potential in achieving based on the values which are considered most appreciated by the community (Conde, 2015). Based on the theoretical foundation, the repositioning of the attribute “Accessibility – Urban design that allows inclusion” to the 8th position was considered relevant. Such attribute followed the attribute “Pleasant-to-use sidewalks” due to the close relationship between these attributes and the very meaning of community as the integration and sharing of space by the residents.

The proposed design recommendations highlight three aspects for the improvement of the urban environmental quality: (i) the need to achieve diverse scales simultaneously; (ii) the combination of several urban elements which attribute value to the residential urban environment; and (iii) the need of complementation by non-physical initiatives that can add value through actions of the municipal administration or initiatives from the community, either by developing and improving local management systems or by implementing specific programs or both.

Table 1. Summary of the perception of socio-environmental value in the residential area under examination.

	VALUE ATTRIBUTE (in hierarchical order)	PERCEPTION OF DESIRED VALUE	PERCEPTION OF RECEIVED VALUE	
			J. PENHA	M. PRAIA
1 ^o	Services of infrastructure: water, energy, gas and sewage	100.0%	4.4	4.5
2 ^o	Meeting and leisure places	97.7%	3.9	3.4
3 ^o	Facility to locate and to move around	97.7%	2.7	3.3
4 ^o	Feeling of safety	97.7%	2.5	3.1
5 ^o	Variety of trade, services and facilities	97.2%	4.2	2.8* 3.8**
6 ^o	Feeling of tranquility	96.0%	2.9	3.5
7 ^o	Pleasant-to-use sidewalks	95.5%	3.0	3.4
8 ^o	Pollution-free environment	95.5%	2.6	2.7
9 ^o	Green areas and gardens	94.9%	3.0	3.5
10 ^o	Privacy	94.9%	3.0	3.3
11 ^o	Squares and leisure equipment for different ages	92.6%	3.5	3.2
12 ^o	Accessibility – Design that allows inclusion	92.6%	2.8	3.1
13 ^o	Access to other parts of the city	90.3%	3.7	3.3
14 ^o	Preservation of the natural landscape	89.8%	2.7	3.2
15 ^o	Quiet streets and traffic	89.2%	2.8	4.3* 3.3**
16 ^o	More transport options	88.6%	3.1	2.6
17 ^o	Possibility of different routes	86.9%	3.7	3.4
18 ^o	Real estate with appreciation and easy to re-sell	85.8%	3.9	3.8
19 ^o	To feel part of the neighborhood	74.4%	2.9	3.0
20 ^o	Preservation of historical/cultural buildings	71.0%	1.9	2.3
21 ^o	Diversity of building types	54.0%	2.9	2.8
22 ^o	Streets with a large movement of people	44.3%	3.7	2.7

KEY

PERCEPTION OF DESIRED VALUE: Percentage of respondents that considered this value attribute important in an ideal neighborhood.

PERCEPTION OF RECEIVED VALUE: 1 – Not perceived 2 – Rarely perceived
3 – Partially perceived 4 – Very perceived 5 – Fully perceived

(*) Areas 1 and 2: predominantly residential use

(**) Area 3: residential and commercial use

4. CONCLUSIONS

In the residential area under investigation, the public spaces have been kept attractive for use and social interaction for decades, where the community has established its identity and lifestyle. It was also observed that the urban layout remained unaltered, absorbing the population increase resulting from its occupation. Over the years, the urban layout has supported the modifications taking place in the urban environment, and also contributed to the liveability of the urban spaces. That was possible due to the characteristics of permeability and, most of all, by the existence of transition spaces, from the private space to the public space, where interpersonal relationships are promoted.

The recognition of the attributes of desired socio-environmental value consolidates the concept of perception of urban environmental value, such as the balance between what the community desires and what it is willing to forego. Therefore, a balance is sought between the characteristics of the place, the expectations of the community, and the concessions that it is prepared to make. In order to achieve that, it is interesting that residential neighborhoods have distinct hierarchies of activities in the public space, where the busiest sections coexist with quieter ones.

The compositions of the urban dimensions contribute to the environmental quality in residential neighborhoods, the value of which is perceived by the community. The attributes of value organized in hierarchical order allow for the indication of design recommendations of greater potential in achieving based on the values which are considered most appreciated by the community. The design recommendations for residential neighborhoods were prepared based on the sets of urban elements identified in the area under investigation. Therefore, they apply to the identified context. Hopefully, these recommendations can contribute to a greater socio-environmental value in new residential neighborhoods, as well as maintain and improve the urban environmental quality in the existing neighborhoods.

REFERENCES

- Carmona, M., Magalhães, C., Edward, M. 2002. *What value urban design?* Urban Design International. 7, 63-81, London.
- Coelho, A.B. 2005. Humanização e vitalização do espaço público, *revista infohabitar*, Lisboa.
- Conde, K.M. 2015. Dimensões urbanas e percepção de valor socioambiental em bairros habitacionais: o caso de Vitória - ES. *Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Tecnologia e Cidade. Unicamp*. Campinas, SP.
- Del Rio, V. & Siembieda, W. (org.) 2013. *Desenho urbano contemporâneo no Brasil*. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC.
- Dempsey, et al. 2010. Elements of urban form, in Jenks; Jones. *Dimensions of the sustainable city. Future city*. 2, 21-51. United Kingdom.
- IJSN. 2011. Instituto Jones dos Santos Neves. Vescovi, A.P.V. Censo demográfico 2010 – Indicadores dos bairros do município de Vitória. *IJSN*. Ano IV. No. 45.
- Kohlsdorf, M.E. 1995. Condições ambientais de leitura visual. Série Saúde & Tecnologia – *Textos de apoio à programação física dos estabelecimentos assistenciais de saúde*. Ministério da Saúde. Brasília.
- Norberg-Schulz, C. 1975. *Existencia, Espacio y Arquitectura, Barcelona*, Editorial Blume, trad. Adrian Margarit.
- Qawasmeh, R. 2014. Identification of the quality of urban life assessment aspects in residential neighbourhoods in Doha. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*. 191, 391-402, United Kingdom.



The search for self-sustainability: The case of Campina community

Edilson Raimundo Silva

University of Pernambuco, Polytechnical School, Civil Engineering Post-graduate Program, Post-Doc, Recife (PE), Brazil.

edilsonrsilva@yahoo.com.br

Simone Rosa da Silva

University of Pernambuco, Polytechnical School, Civil Engineering Department, Assistant Professor, Recife (PE), Brazil.

simonerosa@poli.br

ABSTRACT: The stress experienced by most people who live in the big cities of Brazil points to housing solutions that consider the scale of inhabitants per km² as a major criterion. New forms of housing, which have their projects focused on the well-being of their occupants, must be inserted in housing systems that represent in a rational way people's day by day. In this context, the ecological communities' movement represents a new way of man-house-environment integration, with highlights on the search for self-sustainability. The aim of this study is to present the Campina community, an ecological housing structure integrated to a forestry recovery process, installed next to the Chapada Diamantina National Park in Bahia – Brazil, since 1991. The development of the community was based in experimentations of organic agriculture techniques and collective decision processes. The community was formed as a housing project integrating shelters and facilities in a circular organization shape that provides the optimization of internal displacement of its occupants, social interaction and exchange of information. In this work, the community is associated with principles of organization and methods with environmental guidelines, in order to show how to minimize both the impacts of installation and existence of the communities. After the description and analysis of the elements related to the infrastructure construction, rational use of natural resources and self-management procedures, a model was created. This model shows some found solutions to building environmentally adapted housing and a set of practices that are aimed at achieving self-sustainability at various levels.

Keywords *Self-sustainability, environmental recovery, bioconstruction.*

1. INTRODUCTION

The world has changed very fast in many aspects after the 19th century industrial revolution. We watched many transformations experienced by most people in all countries, some more than others, but the main process has reached all places, touching communities, families and the general population. In the trail of the technological progress of our civilization, we forgot some aspects of life that now, many years after the great industrial *boom*, have showed how confused we were with our methods in the past.

Today's modern way of life has led us to live in rushed times, ever late and stressed. Of course, there are many different places to live in the world, each with its level of stress, and each with its pleasures and fun. People choose where to live considering many criteria that seem more important. When we make a deep analysis of this question, we can find many situations that are "illusions", created to maintain people captive and tamed. As Aldous Huxley predicted, our society would be dominated by the things that we love. In the path of sustainable life, we are discarding all unnecessary stuff and proceedings to get a better energy balance.

Nowadays our social science knows that men and women together compose communities and these groupings have some needs and conditions to remain connected. This is true from small groups to big cities. When we talk about sustainable communities, there are two main concepts to discuss: community and sustainability. In this work these concepts will appear at all times, within their more general acceptance, including a specific case-study on the Campina community experience. Some aspects of the community infrastructure and social design are focused to obtain a simple model of a sustainable community.

1.1 Sustainable communities background

Diegues (2003) points the indigenous communities as the first sustainable human process in our history. This occurred because those primitive people groupings experienced a narrow relationship with the natural elements, understanding their importance in life keeping.

In Batool (2014) the process of sustainable development in communities encompasses natural resources management, social division services and infrastructure. This can be found in many modern and ancient communities around the world. This approach may look very simple, but Dahir et al (2009) points to the holistic aspects of the sustainable development with many different experts working in almost all disciplines, to cover the main questions involving sustainable environmental situations.

Desired sustainable characteristics, such as minimizing natural resources depletion, use of local accrued profits, production of alternative energy and equitable distribution of riches are important ways to go toward sustainable communities (Kitchen and Mardsen, 2011). This is a part of self-sustainable efforts that could be useful, if our culture were not fixed in consumption without limits. To fix this problem, Davies (2002) exalts the importance of the partnership between all actors of the sustainable local planning. It is a real and objective way to improve, because it implies the sum of features, expanding the isolated capacities.

Toward the natural life in communities, Botta (2015) brought into the discussion the concept of slow life, which is a good way to avoid stressful situations, giving a better level of satisfaction in many different environments. In a modern point of view of sustainable communities, English (2015) presents the natural destination of all communities to becoming a learning center, with a focus on community-based education for sustainable development. The Campina community is an example of a learning center formed on twenty five years of studies and practices of self-sustainable techniques.

1.2 Methodological Considerations

The main line of action adopted by the community's initial group was a basic study about the some knowledge areas and the performing of many experiments. We assumed that all knowledge should be tested and adapted to local conditions. The focus was how to live a simple life, outside the big cities and far from the “consumist system” requirements. This directive implies in a set of self-sustainable principles and organic agriculture techniques to be followed by the strategic planning of the community.

All parts of the community, described bellow, were developed and adopted after some time of test. But the community is not like a common laboratory, where we can see isolated experiments. There are permanent interations between all components of the community. Moreover, after the 2000's, the initial knowledge was changed to integrated design of Permaculture, to get closer the main objectives of the community.

2. CAMPINA COMMUNITY: A PLACE IN AN ENVIRONMENTAL RECOVERY PROCESS

The location of the Campina community (Fig. 1) is one of the most beautiful places in Brazil. Chapada Diamantina is a big region of the Bahia state, in northeastern Brazil. The region was formed by the tectonic movement of very ancient stones, and that is the major cause for diamonds occurring, in the past century.

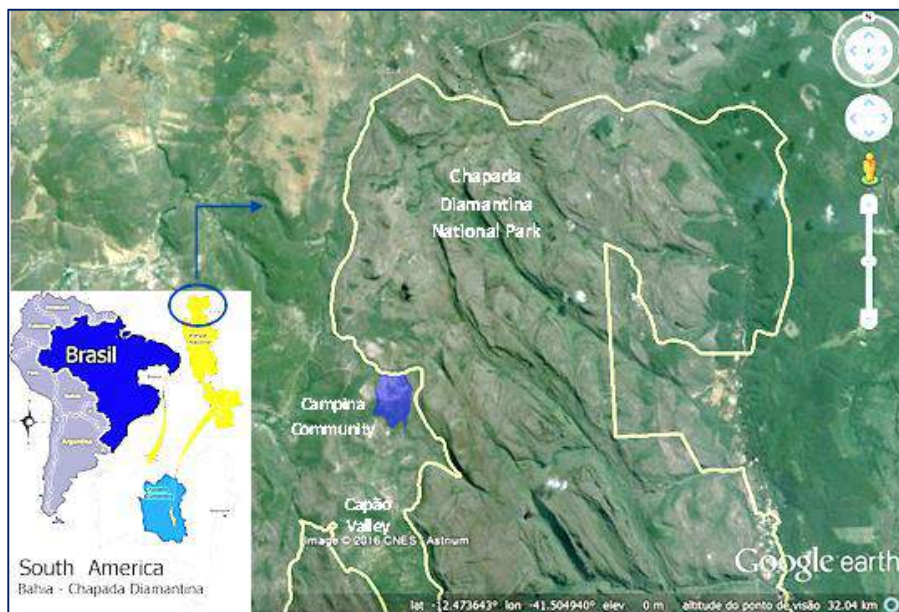


Figure 1: The Campina community location related to the Chapada Diamantina National Park. Image: Google earth and SAM (2016).

During the period of 1987-1988, a small group of people came to live in the Capão Valley, almost inside the Chapada Diamantina National Park. These people quickly met in joint efforts to work, sing, have fun and discuss aspects of spirituality and ecology, making a logistic structure that has provided good and effective results of the collective work. So, in 1991 the community land was purchased by one of these people, and the group was invited to live in this space and to create the community.

In 1991, the community land and soil were very degraded, by many decades of extensive crops of coffee, draining most part of the rich soil of the original forests. After that, the coffee disappeared, but native people used many animals to work and they needed large areas for pasture. That meant burning the fields two or three times per year. The biodiversity was very poor and there was a thin layer of organic soil, with some dominant plants that have provided an amount of organic matter. The kitchen area had no trees (Fig. 2 left) and all of the trees that are in this area today were planted, irrigated and protected to make the current environment (Fig. 2 right) of the kitchen.



Figure 2: The same point of view of the Campina's kitchen, in 1991 (left) and 2016 (right). Photos: Campina collection (left), Helder Munay (right).

Having “received” a piece of hard degraded land, the main objective of the Campina community was established as to promote the environmental recovery of the land space, considering: the application of less impacting engineering; adoption of natural feeding and style; decision making by consensus; development of a new economic system; and to live according to “the spiritual purpose of life”. The first agreements were created based on common sense, with a continuous development process. The set of tasks was distributed among people observing individual skills, making use of collective dedication to the heavy jobs.

After some time we understood that there was a set of resources needed, such as water, soil, organic matter, food, energy and tools, that we should have, in a reasonable level of self-sustainability.

The solutions were represented by: water harvesting in the mountain; use of the richer soil, that was near to the river, to utilize some amount of sediment deposits; organic matter production was made with extensive use of tall grass species, with large production of leaves; buying or exchanging food items in wholesale; developing solar and wind energy systems; building and keeping a work place and organization for tools.

The number of people living in Campina was been dynamic, varying from fifteen to thirty-five. Nowadays, there are seven residents, seven candidates to resident, five visitors and three children.

3. THE MANDALA LIVING MODEL

The main structure of living in the Campina community is the mandala model system, with community buildings placed around the kitchen. This idea was created by living observations in Capão Valley. Before the Campina creation, people who founded the community observed that the main movements in all places of the Capão were located around the kitchens of the local houses. People use kitchens not only for food, but many other situations that require the grouping of people. This is especially observed if we consider the cold climate of the region and the use of wood stoves to cook food. It is very pleasant to eat with friends around the wood burning stove and this process has been used in the Campina community in the last 25 years.

The mandala model (Fig. 3) is very simple in its construction, but very efficient in day by day situations (Venugopal, 2012). This structure causes economy of energy, because it is not necessary to have big displacements for most people. All jobs are located around the kitchen, resulting in the gain of time by avoiding unnecessary moves. It is also efficient to make the tasks simpler and easier to do. Furthermore, workers come to the kitchen early in the morning and go home after lunch, when the community work period ends.

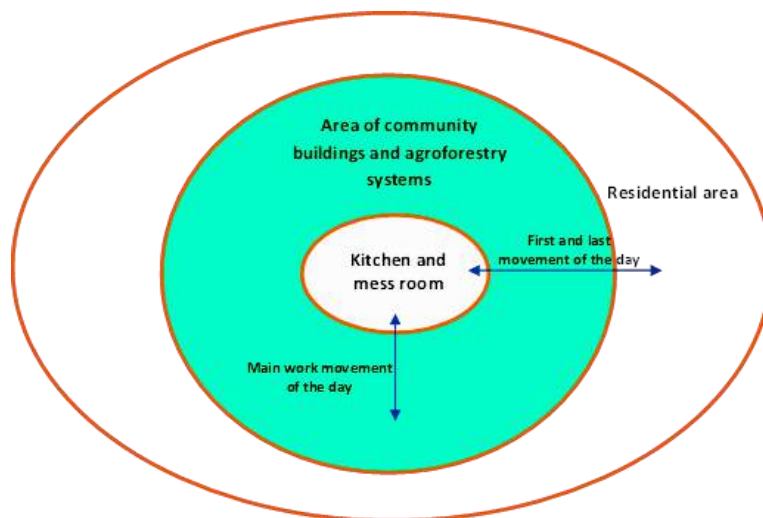


Figure 3: Main structure of central kitchen, community constructions, agroforestry systems and residential area in Campina community.

Inside the mandala model, around the kitchen, the Campina community infrastructure has a workplace office, kitchen garden, children's school, compost area, visitors' lodging and camping, firewood cutting and storing place, herbarium and natural cosmetics small factory, agroforestry systems and a social restroom. These components are integrated in a simple way of life that uses natural resources with a minimal impact in the environment, helping the recovery of the regional flora and wildlife. This structure helps to maintain a closed life-cycle in the use of natural resources, taking advantage of all Campina's residues, in an integrated fertilization process.

An important part of the sustainable structure of the community is its waste treatment system. Seadon (2010) says that a well-planned waste system can increase the energy balance in any place. Campina community has experienced many forms to get a solution for the human waste in the past 25 years. Nowadays, the community uses evapotranspiration septic tanks (Paulo et al, 2013) in residential buildings and a rotating restroom (Fig. 4) to avail human waste in fruit crops.



Figure 4: Social restroom with human waste utilization on fruit trees fertilization. Photo: Helder Munai.

The main idea of using “circle” structures makes the difference. For example, in the Campina kitchen, a firewood stove is used for cooking (Carvalho et al, 2013). There are many advantages to this, because the region is cold and the stove generates an amount of desired heat in the kitchen. At the same time, the stove has an oven attached for baking. Also, the stove has a fruit dryer and a water heater. The wood supply is in continuous growth because the forests are preserved. So, the community is almost self-sustainable in renewable energy consumption.

4. SOCIAL ORGANIZATION

The social organization of the group that lives in the community is based on the stratification of the responsibilities face to the tasks, activities and decisions, day by day. A person who wants to live in the community begins the candidate process being a “visitor”. A visitor is a person who is in the initial stage and at this time, he needs to observe and follow the orientation of the “residents”.

As visitors, people in Campina are oriented to work in many different jobs, to understand at least the general way to work. This period is completed in 30 days, divided in three sections of ten days, when the visitors are evaluated by all the people in the community. If the visitor is well evaluated after the first thirty days, then he can be considered a “residential candidate”.

As a residential candidate, people in Campina must be engaged in some of the grouping tasks called “focalizations”. Nowadays the community has 25 focalizations that work only in the morning, which is the community period of the day. After lunch (12:30 PM) community time is free and used to remain at home, walk to some tourist places, read, enjoy friendships and so on.

After one year as a residential candidate, if approved by the community, the candidate is promoted to a resident. Then, his responsibilities are greatly increased, having a place and vote in the main decisions of the community. If a resident moves away from the community for more than one year, a new six month period of re-adaptation is required. This system has had good results in the last 20 years.

5. BUILDING A SUSTAINABLE COMMUNITY MODEL

A model for sustainable community could begin with the definition of a command system, i.e. how decisions are taken. In the Campina community, the main process for decision making is consensus. A hard decision is taken in discussion for many days and many meetings. When a decision is finally required, the minor group of stakeholders gives up of their position, in benefit of the community consensus. This is a good way and works well for most of cases.

The second component of sustainable community is the food. For this resource, a good decision is to eliminate sophisticated needs. Using local production and buying foods that not are produced by the community directly from local producers. It is very interesting to produce our own food, but that needs good soil, seeds, irrigation and much effort. Also, obtaining food is a continuous process and sometimes the level of self-sustainability is high, sometimes is low, but we know that is too important to have a good demand management system.

Not less important, in the search for sustainability, is to have security. People need security to be happy, it is clear and logical. In general, communities have distinct situations for keeping secure. This is the component which is very dependent of the group union, because it is easier to have power and robustness if the people are together. Legal support is necessary to face some problems that involve other actors outside the community, as well as people who live inside the community.

Friendship, fraternity, availability and collaborative skills are desired in a community life. This is the beauty of the community and makes life good. Improving alternative energy systems, recycling water and waste can be obtained in simple engineering solutions. Extensive use of bikes and sharing vehicles have a low environmental impact and makes the transport system more human. Holistic spiritual doctrines are also indicated to aggregate people around similar life principles and bring the group together.

6. CONCLUSIONS

The main conclusion is that the sustainable community process is a long process. Since 1991 the Campina residents and visitor groups have been working, protecting, dancing, singing, and caring for a small piece of land, with dedication, happiness, sweat and tears. This work aimed to show the main aspects of the Campina community, in its search for

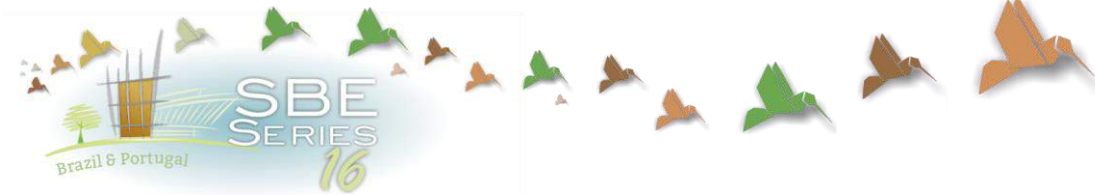
self-sustainability. But, the knowledge inside the Campina experience is that the community is formed by people, and modern people are made up of a very complex set of emotions, desires, expectations, passions, happiness and sadness.

Because the community is strongly dependent on the people, it is not a linear process, with well-defined solutions. Each case is one case. In this work, we tried to show some ecological aspects that were used to build the “Campina’s way of life.” These aspects were discovered, based on theoretical materials, such as books and rural magazines, but they had a big experimentation field in the degraded land of Capão Valley, in Chapada Diamantina, Brazil. Many people contributed to the community, in these past 25 years. Of course, the community is a collective construction.

The environmental recovery process is our way for whole life, not only to the community, but as a current directive to be used in this degraded world. The Campina community is part of this post-carbon age, with simplicity and happiness.

REFERENCES

- Al-Dahir, A. et al. 2009. A Holistic Approach to Sustainable Community Development in the Developing World, *Master Thesis*, Institute of Technology Karlskrona, Sweden.
- Batool, U. 2014, Evolution towards Multidiscipline Sustainable Development- A Social Inclusion in Developing Economies. *International Journal of Research*, 1(6): 424-432.
- Botta, M. 2015. Evolution of the slow living concept within the models of sustainable communities. *Futures* 80: 3-16.
- Carvalho, R. L. et al. 2013. Wood-burning stoves in low-carbon dwellings. *Energy and Buildings* 59: 244-251.
- Davies, A. 2002. Power, politics and networks: shaping partnerships for sustainable communities. *Area* 34(2): 190-203.
- Diegues, A. C. 2003. Sociedades e comunidades sustentáveis. *NUPAUB/USP*. Found in: <http://www.usp.br/nupaub/comsust1.pdf>. Access in 24/02/2016.
- English, L. M. 2015. Communities in action: lifelong learning for sustainable development. *IACE Hall of Fame Repository*. University of Tennessee, Knoxville.
- Kitchen, L. & Marsden, T. 2011. Constructing sustainable communities: a theoretical exploration of the bio-economy and eco-economy paradigms. *Local Environment* 16(8): 753-769.
- Paulo, P. L., et al. 2013. Natural systems treating greywater and blackwater on-site: Integrating treatment, reuse and landscaping. *Ecological Engineering* 50: 95-100.
- SAM. 2016. South American Map, available in: <http://www.cantagaloecoaventura.com/#!parque-nacional-cd/c6sh>. Access in 10/05/2016.
- Seadon J. K. 2010. Sustainable waste management systems. *Journal of Cleaner Production* 18(16): 1639-1651.
- Venugopal, J. 2012. Vastu Purusha Mandala: A human ecological framework for designing living environments. *Advances in Architecture and Civil Engineering* 2(1): 870-877.



Elaboração de um mapa acústico na área central do Município de Frederico Westphalen, RS, Brasil

Alessandro Alves

URI, Curso de Arquitetura e Urbanismo, Frederico Westphalen (RS), Brasil
alessandro@uri.edu.br

Joani Paulus Covaleski

URI, Curso de Arquitetura e Urbanismo, Frederico Westphalen (RS), Brasil
cvk.joani@hotmail.com

Angelica Vestena Baggiotto

URI, Curso de Arquitetura e Urbanismo, Frederico Westphalen (RS), Brasil
angelicavbaggiotto@hotmail.com

Gabriela Sturzbecher

URI, Curso de Arquitetura e Urbanismo, Frederico Westphalen (RS), Brasil
gabysturz@hotmail.com

RESUMO: O adensamento populacional e o crescimento do fluxo de veículos têm acompanhado a expansão dos grandes centros urbanos brasileiros, e o resultante é o aumento dos ruídos gerados em ruas e avenidas, já capazes de chamar atenção inclusive das construtoras, preocupadas com o atendimento das exigências de conforto acústico estabelecidos nas Normas de Desempenho para Edifícios Habitacionais. Assim, se faz necessário o uso de ferramentas que possam mostrar e orientar quanto às áreas danificadas ou que sofrem com altos índices de desconforto ambiental acústico e que permitam a visualização de setores diretamente afetados pelos efeitos indesejáveis de atividades que são fontes de ruído além de propiciar um melhor planejamento e gestão dos municípios. Considerando que o município de Frederico Westphalen, RS, pólo regional em educação, ainda é considerado de pequeno porte, porém obteve, através da amostragem inicial de Níveis de Pressão Sonora, valores elevados em função principalmente do trânsito de veículos. Desta forma a atenção foi voltada para a necessidade de um mapa acústico, considerando o grande tráfego que este recebe diariamente. Aplicando o método já utilizado na amostragem inicial busca-se dados para elaborar um mapa acústico da área central de Frederico Westphalen, do qual possa se obter diretrizes, bem como fazer o levantamento quantitativo das fontes causadoras de ruído e ainda analisar, através das manchas obtidas no mapeamento, os níveis de ruído existente nas diferentes áreas urbanas, propondo a requalificação do município como um todo e visando desta forma a melhoria na qualidade de vida da população.

Palavras-chave *Mapa acústico, Poluição sonora, Planejamento urbano.*

1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 Paisagem urbana

Os componentes da paisagem estão sujeitos à percepção de cada indivíduo, sendo este formado pelo espaço físico natural e construído, os movimentos e relações humanas e os fenômenos naturais.

Para os elementos de paisagem urbana, de acordo com Prado (2003) são apresentadas as categorias classificadas de acordo com a figura abaixo:

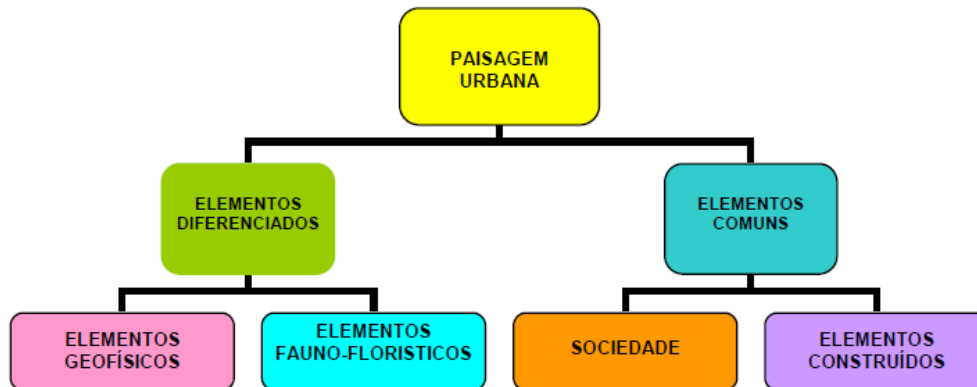


Figura 1. Sistematização da estrutura da paisagem urbana segundo seus elementos a partir de Spirn (1995), McHarg (1970), Cosgrove (1999), Mesquita (2001) e Santos (1998), Prado (2003)

Prado (2003) ainda descreve a classificação da seguinte forma:

- i) Os elementos geofísicos que se constituem no meio físico e seus arranjos resultantes da relação água – terra, como solo, água e atmosfera, que se combinam formando o mangue, a praia, a duna, a falésia, o rio, o lago, a montanha, o vale, etc., dando o suporte aos seres vivos;
- ii) Os elementos fauno-florísticos – animais e vegetais – presentes no elemento geofísico, endêmicos ou incorporados ao tecido urbano;
- iii) Os elementos construídos que são todos os produtos do trabalho humano. São os elementos arquitetônicos e urbanísticos inseridos no elemento geofísico que compõem o espaço urbano, geralmente sobrepondo-se aos elementos fauno-florísticos naturais da localidade. (Jacobs e Gould: 1982; Spirn: 1995; Santos: 1997; Kohlsdorf: 1996).
- iv) E também como elemento da paisagem – a sociedade, representando todo agrupamento humano e sua ação antrópica, toda ação / imaginação humana (Holanda: 1985; Santos: 1997, 1998), todos os cidadãos como agentes geológicos (Spirn: 1995). A sociedade aqui configurada como elemento estruturador da paisagem tem o mais importante papel na construção da paisagem urbana. (PRADO, 2003)

Os elementos básicos, explanados nos itens ditos pelo autor supracitado, apenas salientam que a composição urbana é feita com elementos pontuais modificadores e condicionadores do espaço, bem como elementos comumente encontrados e que caracterizam de forma geral o conceito de cidade. Tem-se assim, por exemplo, as questões geofísicas e fauno-florísticas que condicionam a conjuntura urbana, e trazem identidade a determinado município e/ou

região, bem como os as questões sociais e construídas, que ainda que caracterizem o conjunto, podem ser modificadas e são genericamente encontradas em diversas cidades.

A malha urbana, constituída pelo conjunto de construções, variando dentre prédios e residências podem ter características induzidas pelos elementos regionais e culturais, que também são alterados conforme a sociedade, num fluxo constante. Todavia, o que mantém a vitalidade deste conjunto de ações são os elementos diferenciados existentes no conjunto e que proporcionam à população melhor qualidade de vida.

1.2 Planejamento urbano e mapas acústicos

De acordo com VIEIRA JUNIOR (2011) “os mapas de ruído são importantes ferramentas para identificação de áreas ambientalmente sensíveis ao som indesejado, como os centros urbanos densamente povoados.” Mesmo que este instrumento ainda seja relativamente novo, se comparado a outros tipos de mapeamento, essa ferramenta vem sendo cada vez mais utilizada por gestores públicos, principalmente na Europa, para que se possa mapear também o impacto gerado pelo ruído.

De acordo com DACOL o adensamento populacional e o crescimento do fluxo de veículos têm acompanhado a expansão dos grandes centros urbanos brasileiros, e o resultante é o aumento dos ruídos gerados em ruas e avenidas, que começam a tomar proporções capazes de chamar atenção às construtoras, já preocupadas com o atendimento das exigências de conforto acústico estabelecidos na Norma de Desempenho para edifícios habitacionais (NBR 15.575).

Dessa forma, cada vez mais se faz necessário o uso de ferramentas que possam mostrar e orientar quanto às áreas danificadas e/ou que sofrem com altos índices de desconforto ambiental, principalmente no que tange ao conforto acústico, como salienta VIEIRA JUNIOR (2011) dizendo que as cartas de ruído permitem através da visualização de áreas diretamente afetadas pelos efeitos indesejáveis de atividades industriais, de tráfego urbano, dentre outras fontes de ruído, haver um melhor planejamento e gestão dos municípios.

Este mapa apresenta uma descrição detalhada da distribuição geoespacial dos níveis sonoros, fornecendo imagens quantificadas da exposição da população ao ruído ambiente (VIEIRA JUNIOR, 2011). Dessa forma, o mapa acústico revela-se particularmente importante para o planejamento urbano, pois permite a identificação das áreas onde se deve atuar, influenciando assim as propostas de desenvolvimento local e regional.

ALVES (2013) também salienta que o ruído urbano é um dos principais poluentes das cidades e tornou-se um problema de saúde pública, pois ameaça a habitabilidade e a qualidade de vida no ambiente urbano, e que, embora o problema não seja recente, ele atualmente alcançou níveis alarmantes agravando a necessidade de medidas para seu controle e atenuação.

E é através da coleta de dados relacionados com a poluição sonora urbana e sua relação com a vida diária dos habitantes, que se pode, com o apoio da iniciativa privada e governamental, promoverem formas de informar, conscientizar sobre riscos relacionados às exposições diárias aos altos níveis de ruído, e também envolver a cidade nas soluções dos problemas tanto específicos quanto gerais para introduzir o fator poluição sonoras no planejamento urbano da cidade.

1.3 Fontes de Ruído Ambiental: Influências no Conforto Acústico

Para Lima (2011) deve se considerar o impacto de vizinhança que um empreendimento provoca ao ser inserido em um determinado espaço e região, como por exemplo, o aumento do tráfego rodoviário e de pessoas. E, além disso, outra fonte sonora prejudicial à saúde é o ruído que provém do tráfego aéreo, sabe-se que este pode gerar grandes danos aos que permanecem ou estão nas imediações dos aeroportos comerciais ou mesmo os militares, o momento mais crítico são as decolagens que causam além do ruído intenso, vibrações dos materiais constituintes das edificações próximas também, com elevados níveis de pressão sonora, principalmente nas baixas frequências.

Todavia, mesmo com a verificação de muitos estudos em função dos ruídos que proveem de tráfego, nota-se ainda, que há uma deficiência com relação á estudos feitos especificamente em relação ao ruído urbano e o impacto causado pela vizinhança. Tem-se ainda, como fonte problemática de ruído ambiental, os ruídos de construção, doméstico e de atividades lúdicas e entretenimento, que são denominados de ruídos comunitários, que afetam significativamente o conforto humano, principalmente devido ao ruído que provém de vizinhos, vozes, música e espetáculo no entorno em que a edificação está envolvida (Alves, 2013).

Trabalhar com o controle do ruído comunitário envolve a medição do nível global de ruído, sem levar em conta uma dada posição de determinada fonte, mas sim a consideração de mais de uma fonte e a reflexão sofrida pelos objetos (Alves, 2013).

Dessa forma, a estratégia para o controle do ruído comunitário possui como principais metas proteger as pessoas dos ruídos invasivos que provocam incômodos e alterações na qualidade de vida. Na elaboração do planejamento urbano e regional, é necessário considerar iminentemente o ruído, para que este condicionante ambiental que está cada vez mais presente nas mais diversas áreas urbanas seja mais facilmente controlado e detectado em futuras avaliações, e permita também uma melhor verificação no processo de ordenamento do solo. E nesse intuito vê-se a grande importância de mapas acústicos, onde através deles podemos visualizar o panorama do ambiente sonoro na cidade, e não somente tê-los como problemas, mas como auxílio de ínfima importância para que gestores verifiquem as lacunas nas normas e diretrizes que regulamentam o município.

1.4 Mapas acústicos e sua correlação com planos diretores

O uso de mapas acústicos contribui para que, através da coleta dos dados que se reportam a poluição sonora urbana, possa-se conscientizar e informar sobre os riscos que a exposição diária ao ruído pode causar a saúde. Com vistas a isso, tem-se que a paisagem sonora está sendo cada vez mais importante para o planejamento urbano, já que esta não é somente um elemento físico, mas um importante meio de comunicação do homem com o meio ambiente urbano (Allpe, 2014).

Para chegar a um correto planejamento os responsáveis devem compreender a importância da paisagem sonora nos projetos urbanos e a sua relação direta com os diferentes elementos que interagem entre si (Alves, 2013).

A poluição sonora decorre do ruído e é delimitada por normas técnicas as quais definem os limites dos níveis de pressão sonora a partir dos quais este se torna prejudicial e perturbador à saúde. Através da definição dada pela Lei nº 6.938/81, da Política Nacional

do Meio Ambiente, no seu art. 3º, vê-se que a poluição sonora se enquadra no item e pelo fato de o som se propagar e transportar energia através do meio (Gerges, 2000).

Em suma, através do atendimento integral do problema de ruído, como uma ferramenta constituinte do planejamento de cidades, constitui-se a chave que abrirá a porta para o caminho do equilíbrio ambiental.

2. DIRETRIZES PARA MAPEAMENTO DO RUÍDO AMBIENTAL

Através da leitura de textos relacionados com o mapeamento acústico e suas diretrizes, como segundo a Agência Portuguesa do Meio Ambiente, foi possível obter diretrizes básicas que foram definidas previamente, na etapa de planejamento do mapeamento sonoro, o número de pontos de medição, sua distribuição espacial e a localização dos pontos; dias, horários e duração das medições; equipamentos a serem utilizados, configuração e posicionamento destes, entre outras características necessárias para um levantamento confiável (Amadora, 2011; Nagem, 2004).

2.1 Definição dos pontos, horários de medição e duração das medições

Localizada ao norte do Estado do Rio Grande do Sul, a cidade de Frederico Westphalen tornou-se um pólo regional por permitir aos municípios do Médio Alto Uruguai ter acesso a diversas universidades.

Adotou-se para criação de um mapa acústico à área central do município, a qual possui intenso tráfego de veículos e pedestres. As quadras foram divididas com pontos a, no máximo, 20 metros de distância, sendo que nas esquinas essa distância foi adequada para que ficasse igual em ambos os lados, permitindo assim uma medição coerente com a realidade local.

A realização das medições ocorreu em três vias paralelas, nos horários previstos em normas sendo estes: matutino, compreendendo das 07:00 horas às 19:00 horas; vespertino, das 19:00 horas às 22:00 horas e noturno, das 22:00 horas às 07:00 horas. A disposição destes é apresentada na figura 2:



Figura 2. Marcação das vias da área de estudo. Fonte: Adaptado do Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado de Frederico Westphalen (Ferrari, 2010).

A duração das medições adotada foi de 5 minutos, tempo suficiente indicado para obtenção dos NPS (Nível de Pressão Sonora) e do desnível médio em cada ponto, possibilitando desta forma uma análise completa dos dados. Os dias escolhidos visaram mostrar a realidade urbana da cidade, sendo assim, foram feitas as medições em dias típicos, sendo estes: 23, 24 e 25 de maio de 2016.

Ainda, a fim de esclarecer a metodologia utilizada e elucidar a marcação dos pontos nas vias de estudo, na figura 3 são apresentados os pontos onde foram realizadas as medições, sendo estes identificados como, por exemplos, P1 ou P25, e também é apresentado a distância entre os pontos, como pode-se verificar nas cotas, buscou-se distâncias equivalentes entre os pontos de uma mesma quadra.



Figura 3. Marcação dos pontos nas vias de estudo. Fonte: Adaptado do Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado de Frederico Westphalen (Ferrari, 2010).

3. LEVANTAMENTO DAS MEDIÇÕES

Com base nas verificações feitas durante cada uma das medições cabe destacar alguns pontos, no qual se observou o fluxo intenso de veículos, o encontro de cinco ruas, as medições feitas em esquinas e os níveis elevados de pressão sonora.

Levando em consideração a distribuição da malha viária e do fluxo presente na cidade como um todo, é clara a verificação de qual a região central é caracteristicamente a que possui maior movimento, intensificado nas ruas Do Comercio e Monsenhor Vitor Batistela.

3.1 Ponto 1 – Rua Monsenhor Vitor Batistela

Os elevados níveis, nos diferentes períodos caracterizam uma das principais questões existentes na cidade de Frederico Westphalen, o encontro de cinco ruas. Sendo esta uma das principais rótulas, onde converge a maior parte do fluxo no sentido para centro da cidade,

foram obtidas as médias nos três períodos, sendo respectivamente, matutino, vespertino e noturno: 66,7dB (A), 61,4dB (A) e 59dB (A).

Além das médias, cabe destacar os níveis máximos de pressão sonora obtidos no ponto, que ficaram entre 83dB (A) e 77dB (A), estes estão relacionados diretamente à freadas e acelerações bruscas, bem como buzinas decorrentes do fluxo viário. Cabe ressaltar também, a existência de uma escola nas proximidades, e sendo esta de educação infantil, é notável que o fluxo se intensifique nos horários de entrada e saída dos alunos.

3.2 Ponto 25 – Rua Monsenhor Vitor Batistela

Sendo este um ponto de convergência com menor dispersão de fluxo, visto que uma das vias possui somente um sentido, e que, este é um dos principais sentidos de dispersão de veículos ao saírem da rua principal, fora observado um elevado número de carros, contribuindo para o aumento do nível de pressão sonora, cuja média dos três períodos obtida fora 65,3dB (A).

3.3 Ponto 1 – Rua Do Comércio

Ainda que neste ponto haja o encontro de cinco ruas, tem-se uma delas com fluxo em somente um sentido sendo esta a via principal de todo o centro urbano, concentrando assim um grande e constante fluxo.

O número total de veículos avaliados no período completo das medições chegou a 2.029 carros, verificando-se que o período de maior fluxo é o noturno. E a média das avaliações nos três períodos para o ponto foi de 66dB (A).

3.4 Ponto 8 – Rua Do Comércio

O local que faz esquina com a praça recebe grande influência do transito local, e possui pressão sonora média de 61,5dB (A). Este ponto possui uma das características ditas pelos moradores a respeito do transito municipal, a confusão de vias e a existência de mão-única em locais para proposição de vagas de estacionamento. Estas características não afetam somente a mobilidade urbana, como também a saúde auditiva, visto que a existência de maior número de vagas e fluxo concentrado faz com que os veículos reduzam a velocidade e mantenham-se por um período mais longo no local com os motores funcionando.

3.5 Ponto 1 – Rua Miguel Couto

A via toda recebe um movimento maior de veículos pesados, que acabam por ocasionar também um maior nível de pressão sonora. Neste ponto, foram observados elevados níveis em vista ao seu encontro com a principal via de acesso á cidade.

Com uma média de 70,3dB (A), obtida com base nos três períodos de medições, é claramente visto que esse encontro de vias existente no local influencia fortemente as edificações e o conforto ambiental.

3.6 Ponto 11 – Rua Miguel Couto

A media obtida durante as medições foi de 57,9dB (A), e analisando a sua relação física de proximidade com o ponto 1, nota-se que a via é portadora do menor fluxo com relação as demais.

Cabendo ressaltar que o desconforto acústico se torna menor e que este influencia também nas edificações locais, observou-se que é contemplado um maior número de residências e estas se situam mais próximas da via.

3.7 Ponto 16 – Rua Miguel Couto

A relação entre o ponto 16 e o ponto 11 é a conotação desta rua como sendo a de menor fluxo no conjunto das três vias medidas. A média obtida foi de 58dB (A), ainda que este local seja também um ponto de convergência e que de ligação direta com a via principal do município.

A existência de comércios destinados à prestação de serviços individuais, como clínicas de psicologia, mecânicas e academias reforça o fluxo de menor intensidade, visto que estes ambientes não são ocupados por grandes grupos de pessoas, diferente de edificações com pontos de comércio e varejo.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através do levantamento inicial, foi possível conhecer as características básicas da via principal do centro, a Rua do Comércio, que em relação ao nível de pressão sonora, se encontrava em desacordo com a norma. Para melhor compreensão das causas, e da influência dos fluxos na região, optou-se por realizar a medição em todo o centro urbano.

Adotou-se assim a realização de medições em duas vias paralelas a esta, a Rua Monsenhor Vitor Batistela e a Rua Miguel Couto, para que desta forma houvesse a caracterização fiel da área central do município. Visando que as conclusões acerca dos níveis de pressão sonora auxiliaram a verificar questões como a relação existente entre o fluxo e o sentido das vias e até mesmo a relação com as edificações existentes. Foram obtidas as médias de cada via nos três períodos, sendo estas:

Tabela 1. Nível de pressão sonora média obtida nas medições.

Via	Manhã	Tarde	Noite
Rua Monsenhor V.	63,1dB (A)	60,8dB (A)	57,1dB (A)
Rua do Comércio	64,6dB (A)	61,8dB (A)	64,8dB (A)
Rua Miguel Couto	61,3dB (A)	58dB (A)	55dB (A)

A tabela 2 apresenta os níveis indicados pela norma ABNT – NBR 10.151, e na tabela 3 é possível verificar os níveis indicados pela Organização Mundial de Saúde (OMS). Em ambas as normas o nível de pressão sonora recomendada é inferior ao verificado na área de estudo, sendo possível constatar a irregularidade local, o que caracteriza o fluxo como inapropriado para questões tangentes a saúde urbana.

Tabela 2: Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos, em dB (A), segundo a NBR 10151:2000.

Tipos de áreas	Diurno	Noturno
Áreas de sítios e fazendas.	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas.	50	45
Área mista, predominantemente residencial.	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa.	60	55
Área mista, com vocação recreacional.	65	55
Área predominantemente industrial.	70	60

Tabela 3: Impacto de ruídos na saúde humana. Fonte: WHO, 2011.

Intensidade dB (A)	Reação	Efeitos Negativos	Locais
Até 50	Confortável (Limite da OMS)	Nenhum	Rua sem tráfego
Acima de 50	O organismo começa a sofrer impactos do ruído		
De 65 a 70 (início das epidemias de ruído)	O organismo reage para tentar se adequar ao ambiente	Aumenta o nível de cortisona no sangue, diminuindo a resistência imunológica. Induz a liberação de endorfina, tornando o corpo dependente. Com isso, muitas pessoas já conseguem dormir com o rádio ou a tevê ligada.	Bar ou restaurante lotado

O levantamento realizado encontra-se incluso na seção de áreas mistas, predominante residencial, conforme o zoneamento do Plano Diretor do município. O local de estudo localiza-se na ZCI (Zona Comercial Um), porém os estabelecimentos comerciais que ali se encontram possuem apartamentos nos andares superiores.

Sendo o nível máximo de pressão sonora para o ambiente deve ser de 55dB (A) diurno e 50 dB (A) noturno, os níveis encontrados nas vias não se enquadram nas normas de conforto para os usuários, e ultrapassando os níveis recomendados pela OMS - Organização Mundial da Saúde, pois segundo a WHO (2011) elevados níveis de pressão sonora podem acarretar sérios problemas de saúde aos indivíduos que ali residem.

O alto índice de ruído registrado no período noturno na Rua do Comércio dá-se por esta abrigar locais como lancherias, pontos de venda de bebidas e boates, atraindo grande número de jovens, conseqüentemente considerável concentração de veículos e demais fontes de ruído.

As diferenças entre a Rua Monsenhor Vitor Batistela e a Rua Miguel Couto que dobram o nível de pressão sonora, salientam a influência do fluxo de veículos e da disposição de edificações de comércio e serviços, tais como bancos, escolas e lojas.

Dessa forma fica tangível a importância do planejamento urbano, prevendo zoneamentos coerentes com a proposição da paisagem sonora desejada. Outro item que pode transformar o ambiente desejado é a proposição de pontos e espaços que possam equilibrar o nível de emissão de poluição sonora com a absorção deste som, como praças e parques urbanos.

O planejamento urbano-ambiental torna-se cada vez mais complexo e amplo quando analisadas todas as questões que surgem ao longo do tempo, principalmente ligadas ao conforto dos usuários e residentes na malha urbana. E vê-se, através do levantamento feito, que cada vez mais, o ruído ambiental tem se tornado realidade até mesmo nos pequenos centros urbanos, de modo que este começa a afetar a saúde e o bem-estar dos indivíduos, ameaçando também em certos locais, a própria habitabilidade.

Propor diretrizes urbanísticas e arquitetônicas para melhorar a qualidade de vida nestes ambientes é de suma importância, tanto quanto, a proposição de normas mais rigorosas referente ao alto nível de ruído produzido por veículos e pessoas, além da fiscalização por parte das autoridades competentes.

Modificar a necessidade de existência de planos diretores em pequenos centros urbanos pode ser o item chave para questões tangentes ao conforto na conjuntura urbana. Visto que

a obrigatoriedade só é tida a partir de 20.000 habitantes, onde nesta etapa o centro urbano já se encontra com problemas, cuja resolução muitas vezes não é mais possível, a necessidade de planejamento desde o início da urbanização reduziria os impactos ambientais e diminuiria os danos com relação a conforto urbano.

Visando que o planejamento de uma cidade não é feito somente para o presente, mas sim visando o futuro almejado para a dispersão da malha e as condições de conforto que dever-se-ão ser mantidas no espaço, traz-se à tona o planejamento urbano de Frederico Westphalen. Este se mostra ineficiente com relação ao fluxo viário, pois apesar da cidade ser de pequeno porte, apresenta já grandes níveis de pressão sonora em função do trânsito local, conforme visto nas medições realizadas.

É com este intuito que o mapa acústico para o município vem como ferramenta de planejamento e gestão urbana, pois através deste é possível fazer a verificação dos pontos de conflito e dispersão e propor novas diretrizes urbanísticas que melhorem as questões de conforto ambiental.

REFERÊNCIAS

- ALLPE, Médio Ambiente. Mapas acústicos. Disponível em <http://www.allpe.com/seccion_detalle.php?idseccion=371>. Acessado em: 22/03/2014.
- ALVES, Alessandro. 2013. Desenvolvimento de uma ferramenta para análise do estudo de impacto de vizinhança na área de emissões sonoras. Dissertação de mestrado. Santa Maria: UFSM.
- AMADORA. Agencia Portuguesa do Ambiente. Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território, 2011. Diretrizes para elaboração de mapas de ruído. Versão 3. Amadora, Grande Lisboa.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.151: Avaliação do nível do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade. Rio de Janeiro: ABNT, 2000.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575: *Edificações Habitacionais - Desempenho*. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- BRASIL. Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e das outras providencias. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 02 de setembro de 1981. Disponível em: <http://www.presidencia.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm>. Acessado em 20/03/2014.
- GERGES, S. N.Y. Ruído: Fundamentos e Controle. 2. ed. Florianópolis: UFSC, NR Editora, 2000. 600 e 676p.
- LIMA, Simone de Nazaré Dias Pena, 2011. Análise de danos subjetivos do ruído urbano na população de Belém - PA. Dissertação de Mestrado. Belém: UNAMA.
- NAGEM, Miriam Pompeu, 2004. Mapeamento e análise do ruído ambiental: diretrizes e metodologia. Dissertação de Mestrado. Campinas: UNICAMPI.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Night Noise Guidelines for Europe. Copenhagen: s. n., 2009.



Analysis of sustainability in the Brazilian housing production: The case of AP4 - Rio de Janeiro

Andrea Borges de Souza Cruz

Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Post-Graduate Program in Architecture (PROARQ-FAU), Rio de Janeiro, Brazil
decaborges@gmail.com

Mauro César de Oliveira Santos

Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Post-Graduate Program in Architecture (PROARQ-FAU), Rio de Janeiro, Brazil
mcosantos@ig.com.br

Adriana Fiorotti Campos

Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Technological Center, Professional Masters in Engineering and Sustainable Development, Vitória, Espírito Santo, Brazil
adriana.campos@ufes.br

Daniella Amorim Gomes

Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Technological Center, Professional Masters in Engineering and Sustainable Development, Vitória, Espírito Santo, Brazil
danielladeamorim@gmail.com

ABSTRACT: The study presents a brief analysis of the sustainability conditions related to housing production in Brazil having as study area the region of the West Zone of Rio de Janeiro City administratively known as Planning Area 4 - AP4, where the neighborhoods of greatest population growth in the first decade of this century are situated. For the analysis in question social, economic, energy and environmental indicators were established, which identified disparate socioeconomic results in the region as opposed to the exponential growth of the real estate market intended for middle and high income classes in the region. The result points to the urgent transformation in the construction industry mode of production in Brazil and aims at achieving greater energy and environmental efficiency with positive impacts on the socioeconomic factors.

Keyword *Sustainability, housing, energy efficiency.*

1. INTRODUCTION

The City of Rio de Janeiro concentrates a population of approximately 6.4 million people, of which 1.4 million people live in 763 slums in Rio, i.e. over 20% of city dwellers live in slums according to IBGE data - Brazilian Institute of Geography and Statistics. Much of this population living in slums live in subnormal situation without access to urban infrastructure, mobility, health and safety, and a significant portion is located in the Planning Area 4 - AP4 in the metropolitan area of the city of Rio de Janeiro, which will be the focus of the study carried out.

The AP4 region is one that suffers greatest pressure from the housing market for the expansion of housing supply and commercial centers boasting a population growth of around 70% in the last decade. Moreover, the construction environment in that region is represented by the traditional building industry, characterized by low innovation and by repetition techniques as well as high-energy consumption and low environmental quality materials, contrary to the triad of sustainability which calls for environmental, social and economic balance.

In this scenario the focus in question analyzes the concept of human environment - scenario of social relations and the main stage of the interventions resulting from its transformation, where the Construction Industry plays a major role in the reproduction of the built environment featuring strong contribution both in energy consumption and the equivalent CO₂ emissions, and on the other hand, accentuating the strong social inequality and the meager access to quality urban infrastructure resulting from urban sprawl.

To achieve the proposed analysis we established socioeconomic and energy-environmental indicators represented respectively by demographic profile, subnormal occupations and Social Development Index (SDI) of the study area, and by the energy intensity and CO₂ equivalent emissions in the residential construction sector in order to evaluate the urban development and environmental conditions of the region according to global sustainability criteria.

2. PROBLEM BACKGROUND

2.1 Brazilian housing scenario

The global population growth has been boosted exponentially in the last century indicating a population of about ten billion people by 2050, with more than 80% of this quota living in cities. Brazil, following the global trend, should provide ways to promote housing for about 170 million people living in cities, which added to the current housing deficit, may represent about ten million urban households in 2050 resulting in the further exploitation of present limited environmental resources, that is currently leading to a shortage. Figure 1 shows the resident population in Brazil from 1900 to 2010 (Census) and 2020-2100 projections.

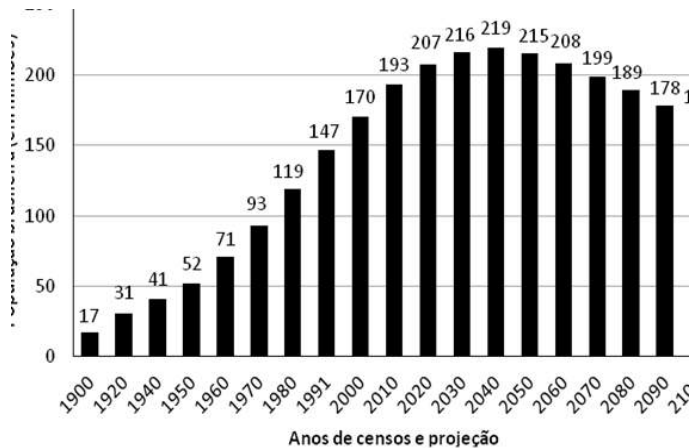


Figure 1. Brazilian population and population projections: 1900-2100 . (Source : IBGE . In: Alves s / d)

On the other hand, urban policies in Brazil support the National Housing Policy - PNH, especially through the Federal Law No. 10.257 / 2001, known as the City Statute, which establishes general guidelines on the Brazilian urban policy. According to this instrument the full development of the social functions of the city and of urban property is highlighted and sustainability (environmental, social and economic) stands out with a view to adopting production guidelines and consumption patterns of goods and services and urban expansion compatible with the limits of environmental, social and economic sustainability of the municipality and the territory under its area of influence (Brazil 2001).

Specifically in relation to sustainability, the PNH actions refer to the Brazilian Program of Quality and Productivity of Habitat (PBQP-H), which despite involving quality improvement actions of products and services through company certification, opposing technical non-compliance in the use of building materials and stimulating the production of more sustainable materials and innovative construction systems, do not represent a systematic change in the construction industry to indicate a significant reduction in the use of environmental resources, especially energy, which is still inconsistent in meeting socioeconomic and environmental requirements as they cannot reduce the strong anomaly related to substandard settlements and lack of adequate infrastructure and urban mobility.

In reference to the subnormal agglomerates comprising a wide diversity of irregular settlements in Brazil known as favelas, invasions, grottoes, lowlands, communities, villages, undertow areas, hovels, stilt houses, among others (Ibge 2010), it is important to highlight that the more developed regions of the country, such as the cities of Rio de Janeiro and Sao Paulo, are those with the highest percentage of occurrence as shown in Figure 2. This indicates a distortion in the application of resources affecting the social development and consequently having negative impacts on the environment.

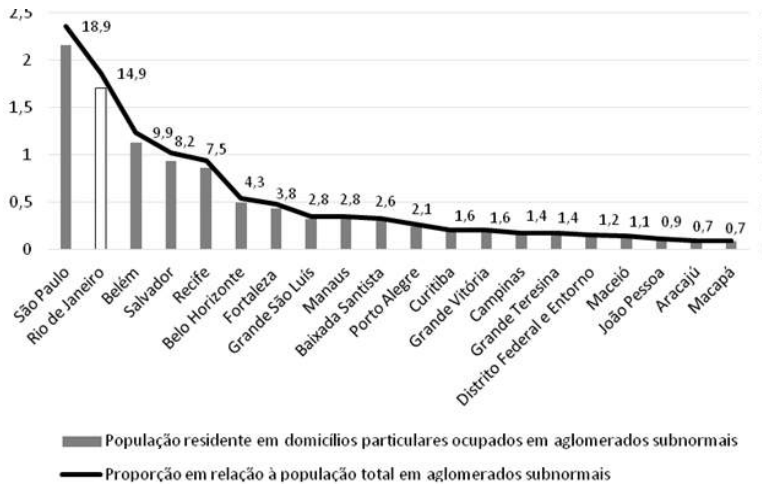


Figure 2. Population distribution in subnormal agglomerates, and the total proportion to the total population in subnormal settlements, according to the metropolitan areas - 2010 (Source : IBGE 2010).

2.2. Selected Indicators

The indicators selected for analysis of sustainability in housing production of Planning Area 4 located in the region of the West Zone of Rio de Janeiro City were: (1) socioeconomic: (a) resident population, according to census and overall figures; (b) area occupied by slums; and (c) SDI (Social Development Index). These indicators permit, among others, the analysis of the form of growth in the study area; and (2) energy and environmental: (a) energy - represented by the energy content of construction inputs (tEP / m²); and (b) environmental - represented by emissions of CO₂ (tCO₂ / m²). The Analysis Tool for Energy and Environmental Sustainability in Buildings, the parameter of these two indicators, aims to assess the energy consumption of building materials (Cruz et al. 2004).

2.3 Methodology

Aiming at the development of the analysis according to the indicators presented in Section 2.2 the main elements involved in the production of the built environment were initially identified: socio-spatial organization (item 1) and materials used in construction (item 2).

Item 1, which refers to socioeconomics, considers the socio-spatial organization of both the architectural object individually and the built environment, and includes the social, economic and development characteristics of the studied region. In order to obtain the results, census data from IBGE between the years 2000 and 2010 as well as socioeconomic information on the AP4 obtained from the Pereira Passos Institute (IPP, 2015) were used. Data were analyzed according to the allocation of public funds versus the situation of informality and access to urban infrastructure.

Item 2, concerning energy and environment, refers to the use of construction materials as the main consumption factor in the construction industry, the most used materials and higher energy content for the production of cement, red ceramics, steel and aggregates.

The figures used for the calculation of energy indicators were taken from the National Energy Balance (EPE, 2010) and included the energy inputs for the production process of each material. As for the calculation of environmental indicators IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2010) carbon emissions indexes were considered.

The calculations were made from the identification of each energy source used in the production sub-sector of the material, and accounting of consumption for each ton of the produced material in 2010. From the result of energy consumption per input, the corresponding emission of CO₂eq according to data provided by the IPCC in 2010 was calculated. The results allow us to observe the total energy consumption and emissions of CO₂e per ton of material, and therefore, per square meter (m²) built with a view to standard conventional construction.

3. THE AP4 CASE

3.1. Housing production in AP4

Rio de Janeiro City has five planning areas characterized by location, physical, social and economic characteristics. Most of the infrastructure services and public assets are located in the Planning Areas 1 and 2 (AP1 Center and AP2 South Zone) occupied formally by the most privileged social classes and the headquarters of large corporations, and also informally by subnormal occupations and slums, as can be seen in Figure 3.



Figure 3. Subnormal occupations and slums at AP4 (Source: Modified LPP 2015b).

In Rio de Janeiro City the majority of the population with income ranging between 0 and 3 minimum wages is concentrated in neighborhoods located in the north and west of the city such as Jacarepagua and Vargem Grande, both located in AP4. According to data presented by Plácido & Ambrosio (2013) the AP4 registered a growth of 72.7 per cent in the 20 years between 1991 and 2010, consolidating the region as the most representative to the housing growth in Rio de Janeiro. To get an idea of the importance of the city of Rio de Janeiro and Planning Area 4, respectively, it is estimated that in 2020, the resident population will be, respectively, 6,661,359 inhabitants and 1,077,930 inhabitants (IPP 2015a).



Figure 4. Population in Rio de Janeiro City. (Source: Plácido & Ambrósio 2013).

Figure 4 shows the density per district in the city of Rio de Janeiro (darker areas with higher density) indicating that the AP4 region is among the most populated with over 100,000 inhabitants. To meet this growth all the housing production in the last decades in AP4 was based mostly on the traditional field of construction, which can be translated into the use of traditional materials such as ceramic and / or concrete sealing blocks and reinforced concrete structures. In Brazil the construction industry shows low modernization initiatives, perpetuating the use of materials and techniques in intensive energy use (Table 5) and, consequently, large emitters of CO₂. This mindset of low flexibility and high concentration of energy is characteristic of traditional building of low sustainability.

As shown in Table 1 in 2014 occupancy permit was obtained for 1,012,994m² intended for residential use in the Planning Area 4, which is an energy intensity over 28,000 toe for housing construction. In the year 2010 the energy intensity of construction in AP4 reached figures close to 40,000 toe. That is, the energy present in residential construction in AP4 in 2010 was equivalent to 169,235.89MWh, which would be enough to supply a city of 400,000 inhabitants for one year.

Table 1. Housing production and overall energy intensity between 2010 and 2014 - Planning Area 4.

AP4 - Rio de Janeiro			
	toe/m ²	2010	2014
Area (m ²)		1,332,197	1,012,994
Energy Intensity (tEP)	0.0279477398	37,231.90	28,310.89

Source: Adapted from Cruz et al. 2004.

3.2 Socioeconomic evaluation

The growth of the resident population of AP4 in recent decades can be seen in Table 2. In 1991, it represented 9.6% of the municipality, and in 2000 it came to represent 15.4%. Within the Planning Area 4, Barra da Tijuca, for example, had a substantial growth from 1960 (2,580) to 2000 (174,353), equivalent to an increase of 6,657.87%, much higher than that of Rio de Janeiro in the same period, which was 77.13% (Silva, 2006). In this analysis, it should be noted that in Rio de Janeiro there was a population growth of 63.6% in slums (subnormal sector) and only 6.05% in the normal census tract. These values are higher if one considers the Planning Area 4 (228.11% and 48.23%, respectively). That is, as the formal areas grow in the municipality of Rio de Janeiro, the informal areas grow even more, and with this uncontrolled growth, problems related to unplanned growth, such as lack of infrastructure (sewerage, electricity, transport, etc.) increase.

Table 2. Resident population in Rio de Janeiro and Planning Area 4, by sector and total.

Subnormal			
Brazil, City (RJ) and AP4	Resident Population		
	1991	2000	2010
Brazil	4,478,177	6,535,634	11,425,644
Rio de Janeiro	882,483	1,092,783	1,443,773
AP 4	72,182	144,298	236,834
Normal			
Brazil, City (RJ) and AP4	Resident Population		
	1991	2000	2010
Brazil	142,347,298	163,263,536	178,648,144

Rio de Janeiro	4,598,295	4,759,131	4,876,673
AP 4	454,120	573,729	673,121
Total			
	Resident Population		
Brazil, City (RJ) and AP4	1991	2000	2010
Brazil	146,825,475	169,799,170	190,073,788
Rio de Janeiro	5,480,768	5,857,904	6,320,446
AP 4	526,302	682,051	909,955

Source: Modified IPP by Census IBGE.

Regarding the formation of slums (subnormal census tract), it is observed that there is a greater demand for allocation of public resources in infrastructure due to the substantial and unplanned increase of the resident population. Moreover, in Rio de Janeiro at AP4 (studied planning area), there is a substantial loss of forests (tree and shrub cover), field (grassy-woody cover), areas subject to flooding and unbuilt areas. It should be noted that a great part of the forest and field that subtracted in the period 2008-2010 is located in the Planning Areas 4 and 5, which is explained by the strong presence of this use in these areas. Still, with respect to AP4, there is a significant loss of forest to favela (this is an area surrounded by Tijuca and Pedra Branca Massif, which has a large number of forests within its urban area). To get an idea, in this period the AP4 lost 9.7 hectares of forest (tree and shrub cover) and 5.3 hectares to the slums (IPP, 2012).

At Table 3 we can see the area occupied by slums registered in Rio de Janeiro and AP4, between 2008 and 2010. In 2010 15% of such slums were located in AP4.

Table 3. Area occupied by slums registered in Rio de Janeiro and AP4

Municipality (RJ) and AP4	Area (m ²)		
	2008	2009	2010
Rio de Janeiro	46,829,483	46,807,142	46,420,263
Planning Area 4	6,995,321	7,021,126	6,981,298

Source: IPP 2015a.

Finally, as to the SDI (Social Development Index), there is an improvement (Table 4). The major real estate projects in Barra da Tijuca, especially residential ones geared towards classes with higher income levels (this region is classified as medium-high socio-economic development), were responsible for the improvement of the SDI, but even so, many aspects were not resolved, among which are sanitation and transport (Cruz et al. 2014).

Table 4. Social Development Index (SDI) in Rio de Janeiro, at AP 4, Planning Area, Administrative Region, Neighbourhoods and City - 2000 e 2010.

City (RJ), AP4, Planning Areas, Administrative Regions and Neighbourhoods	IDS (2000)	IDS (2010)
Rio de Janeiro City	0.58	0.61
Planning Area 4	0.58	0.62
Administrative Region 4.1 - Jacarepaguá	0.56	0.59
XVI Jacarepaguá	0.57	0.60
XXXIV Cidade de Deus	0.53	0.56
Planning Area 4.2 - Barra da Tijuca	0.61	0.67
XXIV Barra da Tijuca	0.61	0.67
Barra da Tijuca	0.76	0.76

Source: Modified IPP by Census IBGE.

3.3 Energy and Environmental Assessment

The current mode of production of the city of Rio de Janeiro follows the trend of production of large Brazilian cities, which makes intensive use of energy and other environmental resources, causing potential environmental impacts and greatly compromising sustainability. As demonstrated by Cruz et al. (2004), the Construction Industry is one of the main responsible sectors for energy consumption in the built environment. Energy consumption in this sector is particularly relevant when evaluating the main construction materials in Brazil. Much of this industry is dependent on fossil energy, representing high consumption (Table 5) and resulting in higher CO₂eq emissions (Table 7).

Table 5. Energy consumption in Brazil, by sub-sector of built industry - 2010-2013.

Sector	Consumo 103 tEP			
	2010	2011	2012	2013
Cement	4,157	5,049	5,151	5,316
Iron/Steel	16,445	17,401	16,914	16,275
Ceramic	4,485	4,724	4,803	5,069
Total	25,087	27,174	26,868	26,660

Source: EPE 2014.

Table 6. Intensity Energy (tEP) by subsector of the building industry / m² and a total in AP4 - 2010.

Subsector	tEP/m ²	tEP AP4
	2010	2010
Cement	0.0110309637	14,695.42
Iron/Steel	0.0023644938	3,149.97
Ceramic	0.0037132353	4,946.76
Aggregates	0.0065321077	8,702.05
Roofing	0.0494666700	5,737.69
Total		37,231.90

Source: Development from Cruz et al. 2004.

Table 7 presents a result of CO₂eq emissions above 170 thousand tons in 2010, which is 0.26% of the cumulative emissions that year in the metropolitan area of Rio de Janeiro State, including all productive sectors according Inventory of GHG emissions in Rio de Janeiro state, published by the Climate Center (2013).

Table 7. CO₂eq emissions by sub-sector of the building industry in Brazil and in full AP4 in 2010.

Sector	ton CO ₂ eq / m ²	ton CO ₂ eq AP4
	Constructed Area	
Cement	0.05984661	
Iron/Steel	0.00475596	
Ceramic	0.02948056	
Aggregates	0.01910509	
Roofing	0.01670053	
Total	0.1298887483	173,037.40

Source: Development from Cruz et al. 2004.

In financial resources the value could be estimated at approximately EUR \$ 26.00 per CO₂eq ton avoided, representing EUR \$ 4.5 million, or equivalent to the cost of production of 200 standard 46m² MCMV affordable housing (Cruz et al, 2014), which would serve a population of approximately 1,000 people with income between 0 and 3 minimum wages, which is the poorest group of the population.

4. CONCLUSION

Analysed sectors show the importance of housing construction in Brazil, particularly given the population growth scenario expected by the middle of XXI century in the higher growth areas such as Planning Area 4 - AP4 in Rio de Janeiro. As seen above this scenario indicates a power consumption estimate of 1.77TWh every decade, i.e. in five decades 8.5TWh would be needed only to supply the market of housing construction in AP4. As for the greenhouse gas emissions (GGE) in the housing construction sector in AP4 it could represent the equivalent of EUR \$ 45 million in each decade, enough to build more than 10,000 affordable housing by 2050.

O contexto estudado indica a necessidade de alterações substanciais no modo de produção da indústria de construção civil no Brasil buscando a redução significativa dos recursos energéticos e ambientais com a adoção de tecnologias e materiais de menor intensidade energética e consequente redução de emissões de GEE o que pode proporcionar a redução dos impactos negativos sobre o meio socioeconômico e ambiental com a melhoria no cenário de sustentabilidade no Brasil.

The studied context indicates the need for substantial changes in the production mode of building industry in Brazil seeking a significant reduction of energy and environmental resources, with the adoption of less energy-intensive technologies and materials and consequent reduction of GHG emissions which may provide the reduction of negative impacts on the socio-economic and environmental aspects, as well as the improvement in the sustainability scenario in Brazil.

REFERENCES

- Alves, J.E.D. S/d. *Crescimento populacional zero no Brasil no século XXI*. Available in: <http://www.ie.ufrj.br/aparte/pdfs/crescimento_populacional_zero_no_brasil_no_seculo_xxi.pdf>. Access: 22/04/2015.
- Anicer [Associação Nacional da Indústria Cerâmica]. *Produção cerâmica no Brasil*. Available in: <<http://portal.anicer.com.br/setor>>. Access: 22/04/2015.
- Brasil. *Lei nº 10,257/2001*. Regulates the art. 182 e 183 da Constituição Federal, establishes general guidelines for urban policy and other measures. Brasilia : Dou.
- Carvalho Rosken. 2015. *Construção do Condomínio Ilha Pura - Vila dos Atletas 2016*. Available in: <<http://www.carvalhohosken.com.br/ilha-pura-0>>. Access: 23/04/2015.
- Cruz, A.B.S. et al. 2004. Metodologia para cálculo da sustentabilidade ambiental e energética no ambiente construído. In *X Congresso Brasileiro de Energia*. Rio de Janeiro: Cbe.
- Cruz, A.B.S., Campos, A.F. & Baylac, N.S.C. 2014. As qualidades do morar: uma abordagem sobre a sustentabilidade na arquitetura habitacional brasileira. In *Habitar 2014*. Belo Horizonte: Habitar.
- Epe [Empresa de Pesquisa Energética]. 2011. *Balanço energético nacional: ano base 2010*. Rio de Janeiro: Epe.
- Epe [Empresa de Pesquisa Energética]. 2014. *Balanço energético nacional: ano base 2013*. Rio de Janeiro: Epe.

- Galdo, R. 2011. Rio é a cidade com maior população em favelas do Brasil. Políticas habitacionais estão longe de atender à demanda por moradias na cidade. In *O Globo*. Available in: <<http://oglobo.globo.com/brasil/rio-a-cidade-com-maior-populacao-em-favelas-do-brasil-3489272#ixzz3YXQ6dVE8>>. Access: 27/04/2015.
- Ibge [Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística]. 2010. *Censo Demográfico*. Brasília: Ibge. Available in: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/93/cd_2010_caracteristicas_populacao_do_micilios.pdf>. Access: 27/04/2015.
- Ipp [Instituto Pereira Passos]. 2012. Variação da área de favela em relação ao uso do solo no período 2004-2009. *Notas Técnicas IPP-Rio 7*. Rio de Janeiro: Ipp.
- Ipp [Instituto Pereira Passos]. 2015a. *Armazém de dados*. Rio de Janeiro: Ipp. Available in: <<http://www.armazemdedados.rio.rj.gov.br/>>. Access: 22/04/2015.
- Ipp [Instituto Pereira Passos]. 2015b. *Mapas*. Rio de Janeiro: Ipp. Available in: http://portalgeo.rio.rj.gov.br/mapa_digital_rio/?config=config/ipp/usosolo.xml. Access: 22/04/2015.
- Mme [Ministério de Minas e Energia]. 2011a. *Anuário estatístico do setor metalúrgico: ano base 2010*. Brasília: Sgm.
- Mme [Ministério de Minas e Energia]. 2011b. *Anuário estatístico de transformação de não metálicos: ano base 2010*. Brasília: Sgm.
- Placido, D.T. & Ambrósio, L.L. 2013. Sensoriamento remoto infravermelho termal: contribuições para o estudo do clima urbano. In *XIII Simpósio Nacional de Geografia Urbana*. Rio de Janeiro: Uerj.
- Rovere, E.L.L. 2013. *Inventário de emissões de GEE do estado do Rio de Janeiro – 2010 e análise da evolução das emissões de 2005 a 2010*. Rio de Janeiro: Centro Clima/Coppe/Ufrj.
- Silva, G. 2006. Processo de ocupação urbana da Barra da Tijuca (RJ): problemas ambientais, conflitos sócio-econômicos, impactos ambientais urbanos. *Pesquisa em Arquitetura e Construção*. Campinas: Unicamp.
- Smu-RJ [Secretaria Municipal de Urbanismo]. 2010. Número de certidões, licenças, edificações, unidades e áreas licenciadas, segundo as áreas de Planejamento, regiões administrativas e bairros – 2º semestre 2010. Rio de Janeiro: Smu-RJ. Available in: <<http://www.rio.rj.gov.br/web/smu>>. Access: 22/04/2015.



Planejamento sustentável aplicado ao eixo do rio Tietê

Felipe Madio de Oliveira

Universidade Paulista, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Santana de Parnaíba (SP), Brasil
felipemadio@gmail.com

Deize Sbarai Sanches Ximenes

Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, São Paulo (SP), Brasil
deizesanches@usp.br

ABSTRACT: A falta de planos municipais integrados vem promovendo a segregação social, a degradação ambiental e a desvalorização do patrimônio regional. Desta maneira, torna-se relevante propor diretrizes para um planejamento regional sustentável, que vise harmonizar as necessidades do ser humano com os processos naturais. É neste contexto que será abordado o trecho do Rio Tietê que permeia os municípios de Barueri, Santana de Parnaíba, Pirapora do Bom Jesus, Cabreúva e Itu. Uma extensão de grande valor paisagístico, histórico e cultural para a região sudeste do Estado de São Paulo, com a existência da Estrada dos Romeiros – a Estrada Parque que configura um dos roteiros turísticos mais importantes da região, por sua beleza cênica e valor ambiental. A partir da análise de três experiências bem sucedidas de projetos de integração socioambiental - “Projeto Beira Rio” (Rio Piracicaba, Brasil), “Plano Intermunicipal de Ordenamento do Território do Alto Douro Vinhadeiro” (Rio Douro, Espanha e Portugal) e “Projeto Blue RidgeParkway” (Estados Unidos) - foi possível a formulação de diretrizes para um Plano de Estruturação Regional (PER) aplicado à área de estudo, possibilitando a formatação de um planejamento regional sustentável. Como resultado, esperamos colaborar para a resiliência urbana dos municípios, contribuir para a valorização das potencialidades regionais e proporcionar maior integração socioambiental entre os municípios, mitigando os conflitos de interesses no território.

Keywords *Planejamento sustentável; Rio Tietê; Plano de Estruturação Regional; patrimônio ambiental, histórico e cultural; integração socioambiental regional.*

1. INTRODUÇÃO

As discussões sobre as relações do homem e o meio ambiente estão cada vez mais presentes em nosso cotidiano, visto que, estas são resultado de uma melhor percepção dos impactos negativos que as atividades humanas têm provocado na biosfera. As fragilidades e contradições destas relações estão evidenciadas na produção do espaço urbano, onde a sociedade se apropria da natureza e a transforma, vinculando as questões ambientais também às relações entre seres humanos (RODRIGUES, 1998).

Assim, o entendimento do espaço como uma produção social nos leva à compreensão de que os problemas ambientais também se referem às formas pelas quais a coletividade se relaciona com os recursos naturais disponíveis.

Sabe-se que as características espaciais produzidas dentro da visão capitalista são reflexos das desigualdades geradas por essa lógica, uma vez que os elementos da cidade são convertidos em mercadoria comercializada, e as contínuas transformações da paisagem urbana são consequentes à busca pelo lucro (LEFEBVRE, 1983; HARVEY, 1999; CASTELLS, 1999; GOTTDIENER, 1997).

Neste sentido, Mueller (1997) afirma: “criou-se um tipo especial de degradação ambiental de difícil erradicação - aquela que resulta da provisão inadequada de assistência e de serviços públicos básicos às populações pobres em expansão nas aglomerações urbanas.” Por sua vez, Herculano (1992) complementa: “a pobreza e a deterioração ambiental formam um círculo vicioso, no qual cada termo é causa do outro”.

“Hoje temos plena consciência de que todo desenvolvimento que vise uma economia de curto, médio e longo prazo deverá partir de fatores de equilíbrio ambiental, uma vez que a grande maioria dos desastres da natureza, provocados pelo homem, ocorrem em decorrência da práxis econômica do lucro rápido e fácil, fruto de uma sociedade oposta à natureza, construída por muitas gerações, resultado de uma política urbana, que vem de muitos anos, baseada na construção de pontes, viadutos e piscinões.” (FRANCO, 1997)

Nota-se ainda que há um enfraquecimento das políticas de proteção e preservação do patrimônio histórico, cultural e ambiental - fato que se apresenta como um forte agravante nas condições atuais das cidades brasileiras.

“... o conceito de patrimônio ambiental adquire dimensões sociais, cujo significado aponta a materialização dos sentidos atribuídos no decorrer do processo histórico e lhe imprime uma perspectiva dinâmica, uma conotação que fomenta a consciência do uso comum do meio e, principalmente, a responsabilidade coletiva pelo espaço. As demandas da modernização imputam às elites políticas e intelectuais latino-americanas a necessidade de normatizar as formas de apropriação dos territórios.” (PELEGRINI, 2006)

Arruda (2005) ainda nos lembra que a natureza não só nos referendou representações de memórias coletivas, mas também disponibilizou elementos fundamentais nas construções identitárias de distintas sociedades, inclusive da brasileira.

Desta maneira, entende-se que a melhoria deste cenário crítico se encontra na implantação de instrumentos e projetos que ajustem e corrijam o processo de produção do espaço urbano, assim, tratando as causas da degradação socioambiental.

Desde o início da década de 1970, vem-se promovendo a construção de um novo modelo de desenvolvimento, que tenta conciliar as realidades das cidades com a preservação dos ecossistemas necessários para a manutenção das condições de habitabilidade na Terra. (BELLEN, 2005; NAREDO, 1997).

Supõe-se que o planejamento regional integrado e sustentável pode atribuir melhorias sociais e ambientais, proporcionando maior integração entre os municípios e diminuindo os conflitos de interesses no território.

Por isto, esta pesquisa objetiva a elaboração de diretrizes para um Plano de Estruturação Regional (PER) aplicado ao eixo do Rio Tietê - entre as cidades de Barueri, Santana de Parnaíba, Pirapora do Bom Jesus, Cabreúva e Itú.

2. METODOLOGIA

Visando a obtenção de indicadores de qualidade socioambiental, foram analisados e comparados três projetos urbanos bem-sucedidos na prática do planejamento sustentável. Suas características semelhantes ao estudo de caso viabilizaram a aplicação destes parâmetros no eixo estruturador do Rio Tietê, auxiliando no estudo crítico da área e na formulação de diretrizes para um Plano de Estruturação Regional (PER).

2.1 Rio Douro (Portugal E Espanha)

O Rio Douro delimita a fronteira entre Portugal e Espanha, sendo o 2º maior corpo hídrico da península Ibérica. Desde os tempos remotos, se apresenta como uma artéria central da vida da região, efetivando a integração socioambiental e servindo como canal de transporte para mercadorias e pessoas.

Com a construção de diversas barragens tornou-se completamente navegável e seguro, o que tem permitido o seu aproveitamento turístico através de inúmeros cruzeiros que o percorrem diariamente.

Tabela 1 - Caracterização do Rio Douro

Nascente: Serra de Urbião (Espanha)	Foz: Oceano Atlântico (Portugal)	Bacia Hidrográfica: do Rio Douro
Comprimento: 850 km	Vazão média: 710 m ³ /s	Área da Bacia: 97.603 km ²
Particularidades: No início do seu curso é largo e pouco abundante. De Zamora à sua foz, corre entre canais profundos - com forte declive, curvas apertadas, rochas salientes e caudais violentos. Altitude média - 700 metros.		
Abrangidos pela Bacia Hidrográfica: províncias espanholas de Soria, Burgos, Valladolid, Zamora e Salamanca e os distritos portugueses de Bragança, Guarda, Vila Real, Viseu, Porto e Aveiro.		
Principais acontecimentos históricos: 1961 - Construção de barragens, o que gerou grandes albufeiras de águas tranquilas. / 1990 - Inauguração de toda a via navegável do Rio Douro. / 2001 - Inclusão da Região Vinhateira do Alto Douro na lista dos locais que são Patrimônio da Humanidade - categoria paisagem cultural. (UNESCO)		

Dados: MOURA (2007).

Sua bacia hidrográfica concentra importantes atividades econômicas específicas e singulares (vinicultura, olivicultura, pesca, turismo, entre outras), grandes riquezas naturais e aglomerados populacionais diversos e múltiplos.

“O esforço de conservação que Portugal está a fazer no vale do rio Douro só pode ser compreendido através da explicitação da diversidade múltipla existente na sua bacia hidrográfica. O clima (nomeadamente temperatura, precipitação), a fisiografia (principalmente declives e exposição), a geologia e os decorrentes solos são determinantes para a compreensão da diversidade da sua paisagem [...]” (MOURA, 2007)

Em causa da inclusão na Lista do Patrimônio Mundial da UNESCO, foi elaborado o “ Plano Intermunicipal de Ordenamento do Território do Alto Douro Vinhadeiro (PIOT - ADV) ” (Resolução do Conselho de Ministros n.º 150/2003), a fim de proteger eficazmente seu patrimônio e preservar as características que lhe conferem um valor universal excepcional.

O patrimônio em questão é principalmente caracterizado por socacos esculpidos por ação humana, às margens do Rio, onde acontecem produções agrícolas que marcam a gastronomia regional - a se destacar vinhas, amendoeiras e oliveiras. Outro fator cênico significativo é o contraste regional ocasionado pela mudança de cor consoante a estação do ano e a presença de animais em vias de extinção, principalmente aves de rapina.

Desta maneira, entende-se que este instrumento de gestão da paisagem cultural¹ articula as estratégias e coordena as iniciativas intermunicipais na valorização do patrimônio natural e cultural, além de nortear a revisão dos planos diretores municipais das cidades envolvidas.

2.2 Rio Piracicaba (Brasil)

O Rio Piracicaba é um dos mais importantes cursos hídricos paulistas, visto que é responsável pelo abastecimento de água da Região Metropolitana de Campinas e parte da Grande São Paulo.

Atravessa uma das regiões mais antigas de ocupação do Estado e está diretamente presente na cultura regional; destacam-se as festas populares promovidas às margens do Rio na cidade de Piracicaba, bem como a consolidação da música e da figura do pescador caipira.

Tabela 2 - Caracterização do Rio Piracicaba

Nascente: Junção dos Rios Atibaia e Jaguari	Foz: Rio Tietê	Bacia Hidrográfica: do Rio Piracicaba
Comprimento: 115 km	Vazão média: 144 m ³ /s	Área da Bacia: 12.531 km ²
Particularidades: Possui diversos meandros que tornam as águas de seu leito tranquilas e aptas para a navegação de embarcações de pequeno porte.		
Municípios Abrangidos pela Bacia Hidrográfica: Bragança Paulista, Campinas, Limeira, Americana, Atibaia, Rio Claro, Santa Bárbara d'Oeste e Piracicaba.		

¹A paisagem natural refere-se aos elementos combinados de terreno, vegetação, solo, rios e lagos, enquanto a paisagem cultural, humanizada, inclui todas as modificações feitas pelo homem, como nos espaços urbanos e rurais. (SCHIER, 2003)

Principais acontecimentos históricos: Até o séc. XX - Utilização do Rio como rota de acesso. Abastecimento de engenhos e fazendas. / 1960 - Criação do Sistema Cantareira (construção de represas nas nascentes da bacia hidrográfica) / 1980 - Industrialização e Metropolização da Região de Campinas (contaminação das águas).

Fonte: Dicionário Geográfico da Província de São Paulo, 1902 \ Plano de Ação Estruturador (PAE), 2004.

Sua Bacia hidrográfica é um exemplo típico do acelerado desenvolvimento urbano e agroindustrial, visto que se tornou um pólo de diversas atividades altamente consumidoras e degradadoras de recursos hídricos.

As principais causas desta degradação regional estão associadas ao aumento do consumo de água, às cargas de esgoto urbano e agroindustrial, às mudanças no uso do solo e à transferência de água interbacias (Moraes et al., 1998 e 1997; Martinelli et al. 1999, e Krush et al., 1997).

Diante deste cenário, a administração municipal de Piracicaba desenvolveu o “Projeto Beira Rio”, que visa a requalificação urbana e a preservação dos recursos naturais locais - a considerar os vínculos da população com o território e a apropriação enfática dos corpos hídricos no desenho urbano.

Entende-se que este projeto irá articular os mecanismos institucionais (secretarias, institutos, autarquias, entre outros) para a gestão ambiental e urbana de Piracicaba, contemplando o contato do poder público com as iniciativas privadas e assegurando o controle dos processos de desenvolvimento sustentável.

2.3 Blue RidgeParkway (Estados Unidos)

Trata-se de uma estrada-parque que liga o estado da Virginia à Carolina do Norte, protegendo a biodiversidade regional e oferecendo oportunidades para o turismo ecológico e outras atividades econômicas sustentáveis.

O projeto original foi concebido, em 1909, pelo geólogo Joseph Hyde Pratt, porém sua empreitada começou apenas em 1914 e foi interrompida logo após a conclusão da primeira milha - devido ao início da 1ª Guerra Mundial.

Após revisões conceituais, sua construção foi retomada em 1935 e concluída em 1987, sendo marcada por várias questões de ordem política e social, como o crescimento da indústria automobilística e a depressão econômica provocada pela quebra da bolsa de Nova York.

Este projeto tem como fundamento a vivência da paisagem natural e da cultura rural tradicional dos Apalaches do século XIX e início do século XX.

Tabela 3 - Caracterização da Blue RidgeParkway

Comprimento: 754,8 Km	Largura: varia de 50 a 300 metros.
Área: 377,9 km ²	Velocidade máxima permitida: 70 km por hora
Orçamento: R\$ 1 bilhão por ano (governo americano)	Visitas: 12.88 milhões (em 2013)

Particularidades: 275 pontos de paradas para observação, 26 túneis, 270 acessos (entre públicos e privados) e 151 pontes. Mantém 9 campings, 1 museu, 12 centros de visitantes e várias outras áreas de interesse histórico e recreacional.

Fonte: Soriano, 2006.

Desta maneira, entende-se que a primeira “Estrada Parque” do mundo é um parque linear que viabiliza a integração socioambiental, a experimentação da qualidade cênica e a valorização da paisagem, utilizando-se de pontos de observação, espaços para caminhadas, áreas para piquenique e pousadas.

2.4. Quadro Comparativo

Tabela 4 – Indicadores de qualidade socioambiental

S E PROJETOS	SITUAÇÃO PRÉ-EXISTENTE	INDICADORES DE QUALIDADE SOCIOAMBIENTAL
<p>“PIOT – ADV”</p> <p>RIO DOURO</p> <p>ANO 2003</p>	<p>Decorre do compromisso assumido pela classificação da região do Alto Douro Vinhateiro na Lista do Patrimônio Mundial da UNESCO. Área caracterizada por patrimônio histórico, cultural e natural, que lhe confere valor universal.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Caráter interdisciplinar e visão holística sobre a estruturação regional. 2. Transposição para instrumentos de planejamento territorial (Ex: Planos Diretores Municipais) 3. Organização do território decorrente dos diagnósticos de situação - identificação dos recursos territoriais e conteúdo de caráter socioeconômico. 4. Entendimento da paisagem cultural como algo evolutivo e vivo, apresentando fortes potencialidades sob o ponto de vista produtivo, seja na produção dos vinhos ou no âmbito do turismo cultural e de lazer. 5. Qualificação ambiental e de vida como fator crucial da sustentabilidade regional. 6. Participação popular no processo de planejamento e gestão (ainda mais no que se refere à preservação do patrimônio imaterial). 7. Promoção e divulgação dos valores paisagísticos e patrimoniais regionais, afim de reforçar a imagem do território e de sensibilizar a população e os agentes locais. 8. Fortalecimento da estrutura ecológica e das atividades de produção agrícola. 9. Mitigação das intrusões verificadas na paisagem. 10. Distinção entre espaços agrícolas e espaços naturais com base na carta de solos e tratamento específico para as diferentes unidades de paisagem. 11. Integração na paisagem de armazéns e outras construções industriais isoladas 12. Controle do aumento de popularidade e do turismo, a fim de preservar a região e sua memória. 13. Requalificação de espaços públicos e de aglomerados urbanos. 14. Implantação de pequenas infraestruturas e equipamentos coletivos. 15. Criação e lançamento da associação promotora da região, nomeadamente no que diz respeito ao financiamento de custos.
<p>“PROJETO BEIRA RIO”</p> <p>RIO PIRACICABA</p> <p>ANO 2004</p>	<p>Área urbana caracterizada por problemáticas ambientais (poluição, assoreamento, destruição das matas ciliares), sócio-econômicas (violência, prostituição, tráfico de drogas) e institucionais (fiscalização das edificações e preservação do patrimônio), além do trânsito local.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Caráter interdisciplinar e visão holística sobre a estruturação regional. 2. Articulação com a legislação existente. 3. Abordagem em diferentes escalas: escala de estudo (bacia hidrográfica) e escala de intervenção (margens do rio). 4. Consolidação de uma identidade regional. 5. Revitalização mútua da cidade e do rio. 6. Participação popular em todo o processo de planejamento e gestão. 7. Entendimento e exposição do valor histórico do rio. 8. Justaposição de circuitos naturais e de circulação humana. 9. Preservação e recuperação de paisagens (naturais e construídas). 10. Tratamento específico para os diferentes setores de intervenção (estabelecidos de acordo com suas características homogêneas). 11. Aumento da qualidade das águas do Rio Piracicaba. 12. Preservação, recuperação e conservação ambiental da faixa territorial envolvente ao cordão meândrico do Rio Piracicaba – corredor biológico. 13. Estruturação urbanística a partir dos rios (ordenamento do território). 14. Implementação da navegação fluvial. 15. Reaproximação do cidadão ao rio.

PLANOS E PROJETOS	SITUAÇÃO PRÉ-EXISTENTE	INDICADORES DE QUALIDADE SOCIOAMBIENTAL
<p>“PROJETO BLUE RIDGE PARKWAY”</p> <p>ANO 1987</p>	<p>Área praticamente natural, com poucas interferências humanas.</p> <p>A qualidade cênica já existente era conferida pela geomorfologia da serra e pela cultura rural tradicional dos Apalaches do século XIX e início do século XX.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Conservação, interpretação e exibição dos recursos naturais e culturais únicos da região central e sul das Montanhas dos Apalaches. 2. Promoção do lazer através da viagem de carro por ambientes variados. 3. Interação e unidade entre os elementos constituintes da Parkway. 4. Harmonia entre as estruturas da estrada e o meio ambiente natural (design simples e informal) 5. O projeto deve garantir conforto e segurança para os usuários. 6. Processo participativo de análise de paisagens, principalmente daquelas avistadas a partir dos pontos de observação – overlook, 7. Plantação de “cortinas” de árvores para isolar as paisagens indesejáveis, como em relação à rodovia NC – 63 (Carolina do Norte), que tem parte de seu percurso paralela a parkway. 8. Manutenção das margens imediatas da estrada por meio de trabalhos de jardinagem. 9. Implantação de infraestrutura condicionada a menor intervenção na paisagem. 10. Zoneamento (divisão de áreas homogêneas) e plano de ações para cada zona. 11. Desenho não retilíneo da via, a fim de evitar a monotonia da paisagem avistada. 14. Acesso livre - toda e qualquer pessoa tem autonomia, desde que siga as regras de segurança. 13. Aproximadamente 60 % do território é de propriedade particular. O restante é formado por várias outras categorias de Áreas Protegidas. 14. Sinalização adequada de trânsito e infraestruturas. 15. Administração própria: Superintendência em Asheville (Carolina do Norte) e mais 3 sub sedes, cada qual com seus respectivos setores de atuação e com infraestrutura completa.

2.5 Indicadores de Qualidade Socioambiental

Entende-se que os indicadores obtidos através das experiências estudadas (tabela 4) asseguram os resultados satisfatórios alcançados e contribuem para a sustentabilidade do planejamento urbano, o que justifica sua aplicação e seu referenciamento na elaboração do Plano proposto por esta pesquisa.

Por isto, a partir do quadro comparativo, foram definidos os principais indicadores a serem aplicados na área de estudo para colaborar na formulação de diretrizes. São eles: 1. Caráter interdisciplinar e visão holística sobre a estruturação regional; 2. Articulação com a legislação existente; 3. Participação popular no processo de planejamento e gestão; 4. Preservação e recuperação de paisagens (naturais e construídas); 5. Reaproximação homem à natureza; 6. Fortalecimento da estrutura ecológica; 7. Proteção do patrimônio histórico-cultural.

3. ÁREA DE ESTUDO

Localiza-se entre a Região Metropolitana de Sorocaba, a Região Metropolitana de São Paulo e a aglomeração urbana de Jundiaí, na região sudeste do Estado de São Paulo, no sudeste do Brasil. Abrange os municípios de Barueri, Santana de Parnaíba, Pirapora do Bom Jesus, Cabreúva e Itú, sendo definida por dois eixos paralelos que configuram todo o processo de urbanização regional: O Rio Tietê e a Estrada dos Romeiros (Figura 2).



Figura 1. Localização

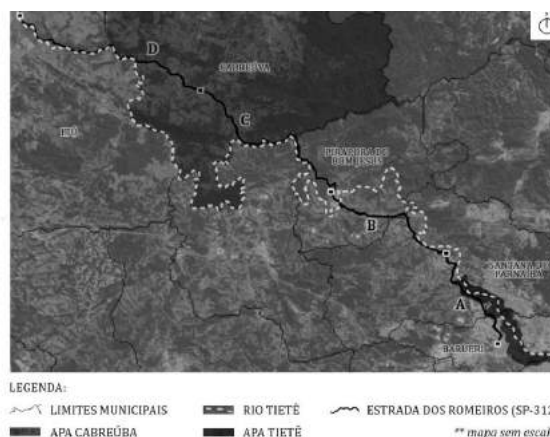


Figura 2. Área de intervenção

Para melhor leitura e interpretação do espaço, a área de estudo foi dividida em sub-unidades²: **Unidade A**: área de várzea urbanizada e adensada, caracterizada por cobertura vegetal escassa e por presença de morretes. Abrange o início da Estrada dos Romeiros (Barueri) e seu acesso pela Rodovia Castelo Branco: sem cenários de contemplação, mas com sinalizações do Roteiro dos Bandeirantes. Possui equipamentos que podem ser valorizados em uma proposta de infraestrutura para o ecoturismo. / **Unidade B**: área de várzea urbanizada, caracterizada por maior cobertura vegetal e pela presença da Usina Hidrelétrica Edgard de Sousa (Santana de Parnaíba). A Estrada dos Romeiros assume um desenho bem sinuoso, de onde há visão panorâmica das serras e dos morros acidentais. Destaca-se a vista da Serra do Voturuna - grande mancha de Mata Atlântica, tombada pelo CONDEPHAAT³. / **Unidade C**: área de várzea densamente vegetada, onde o Rio Tietê se apresenta muito poluído e com forte movimentação de águas (gerada por barragem). Abrange o centro de Pirapora do Bom Jesus, município que recebe anualmente um grande número de romeiros. Ao longo da Estrada dos Romeiros, destacam-se alguns pontos precários de descanso e apreciação; bem como a vista da Serra do Japi⁴, que representa uma das últimas grandes áreas de florestas contínuas do Estado. / **Unidade D**: Região caracterizada pelo turismo ecológico e de aventura, pois possui muitas cachoeiras, grutas e trilhas. Corresponde à Estrada Parque e a APA Rio Tietê-Cabreúva, por isto, possui rico valor cênico e diversos equipamentos turísticos, tais como: o SPA Serra do Japi, o camping Cascata, a Gruta da Glória e a Fazenda do Chocolate (patrimônio tombado). As corredeiras do rio Tietê contribuem na oxigenação e na melhoria de qualidade das águas que correm para o interior.

3.1. Aplicação dos Indicadores de Qualidade Socioambiental e Diagnósticos Obtidos

O perímetro analisado encontra-se em um processo de degradação ambiental e não exerce satisfatoriamente as suas funções sociais, uma vez que se configura como resultado direto de um crescimento urbano acelerado e de uma política exclusivista do desenvolvimento econômico. Também se atribui o agravamento da desvalorização deste eixo à poluição do corpo hídrico.

O percurso de aproximadamente 70 km da Estrada dos Romeiros possui uma paisagem de extrema beleza natural e uma rica diversidade de relevo, porém sua apreciação é

² As sub-unidades foram definidas a partir de características homogêneas.

³ CONDEPHAAT - Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico Arqueológico, Artístico e Turístico - tem a função de proteger, valorizar e divulgar o patrimônio cultural no Estado de São Paulo.

⁴ O maciço da Serra do Japi foi tombado pelo CONDEPHAAT em março de 1983 e declarado Reserva da Biosfera pela UNESCO15, em 1992.

prejudicada pela falta de acostamento nos trechos de declive e pela manutenção precária das áreas de descanso. A paisagem (natural e construída) é resultado abstraído de um planejamento que não prevê a preservação e/ou recuperação dos cenários territoriais.

A legislação existente (municipal, estadual e federal) não contempla adequadamente a escala da metrópole e explicita a inexistência de uma visão holística sobre a estruturação da região. O processo participativo acontece de forma contida em alguns municípios, porém não está inserido como uma política pública regional.

Percebe-se ainda que há falta de incentivo e infraestrutura para o ecoturismo, a educação ambiental, o lazer e a valorização de bens tombados. Elementos que reforçam a falta de articulação intermunicipal para a reaproximação homem à natureza, o fortalecimento de uma infraestrutura ecológica e a proteção do patrimônio histórico-cultural.

3.2. Formulação do Plano de Estruturação Regional (PER)

Com base no diagnóstico apresentado, foram definidas as seguintes diretrizes: 1) valorização da sustentabilidade ambiental e fomentação do ecoturismo, através da criação de caminhos, trilhas e ciclovias; 2) condicionamento da implantação de infraestrutura (campings, hotéis fazenda, restaurantes, comércio e clubes) às características naturais, paisagísticas e culturais; 3) criação de um conselho gestor para a Estrada Parque - com representação intermunicipal; 4) preservação das paisagens naturais e construídas; 5) valorização do patrimônio histórico, cultural e natural - incluindo assentamentos tradicionais e distritos históricos, monumentos e locais religiosos e históricos, áreas arqueológicas e paisagens culturais. 6) consolidação da identidade regional; 7) criação e readequação de espaços públicos; 8) incentivo à atividades culturais internas (museus, teatros, cinemas, casas de espetáculo, etc.) e externas (artes de rua, eventos musicais, etc.) em áreas urbanizadas; 9) criação e estruturação de rotas turísticas temáticas; 10) divulgação e promoção do potencial turístico regional; 11) controle da expansão urbana e reforço da legislação de proteção ambiental; 12) tratativas para melhor qualidade das águas do Rio Tietê (objetivar a despoluição); 13) adequação do uso do solo em áreas de várzea invadidas; 14) criação de programas educacionais no ensino fundamental público que abordem as matérias de cidadania e meio ambiente; 15) processo participativo no planejamento e na gestão territorial.

Desta maneira, a definição de metas estratégicas viabiliza a consolidação de uma proposta para a revitalização do eixo do Rio Tietê, onde se assegura a requalificação da região como um todo.

3.3. Resultados obtidos

A necessidade de planejamento e investimento na infraestrutura local é essencial para fomentar uma maior integração entre os municípios e as riquezas ambientais locais, a fim de oferecer melhores condições aos turistas e moradores da região.

Dentro da estrutura espacial traçada, cada unidade territorial possui suas especificidades, as quais deverão ter diferentes tratamentos - que estejam em conformidade com a regulamentação geral.

As revisões dos zoneamentos e das leis de uso e ocupação do solo deverão ser pensadas a partir da escala da bacia hidrográfica, estruturando o espaço construído com base nos corpos hídricos e entendendo o valor histórico do Rio Tietê.

O Plano de Estruturação Regional (PER) deverá ser revisado regularmente (a cada 10 anos), a fim de: assegurar sua aplicabilidade, o bem-estar das populações humanas, o

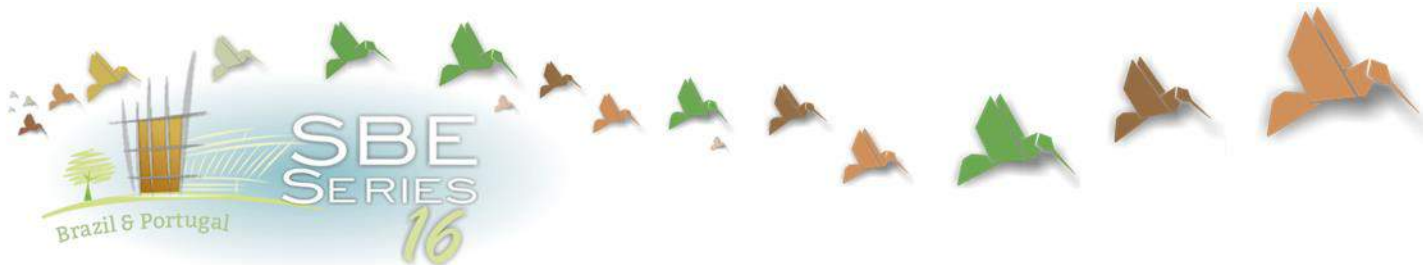
desenvolvimento regional, bem como a proteção, a recuperação e a conservação dos recursos naturais existentes.

4. RESULTADOS ESPERADOS

Espera-se que o instrumento legal em questão estabeleça mecanismos e regras gerais para a coordenação intermunicipal do planejamento e da administração das cidades analisadas, vinculando e articulando os planos municipais, estaduais e nacionais.

5. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, João Mendes de. *Diccionario Geographico da Provincia de São Paulo*. São Paulo: Typ. a vap. Espindola, Siqueira &Comp, 1902.
- ARRUDA, G. *Natureza, fronteiras e territórios: imagens e narrativas*. Londrina [PR]: Eduel, 2005.
- BELLEN, Hans Michael van. *Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa*. Rio de Janeiro: FGV, 2005.
- CASTELLS, M. *A sociedade em rede*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1999.
- FRANCO, Maria Assunção Ribeiro. *Desenho ambiental - Uma Introdução à Arquitetura da Paisagem com o Paradigma Ecológico*. São Paulo: Annablume/Fapesp, 1997.
- FRANCO, Maria de A. R. *Plano de Ação Estruturador (PAE) do Projeto Beira Rio*, Piracicaba, São Paulo, 2004.
- GOTTDIENER, M. *A produção social do espaço urbano*. São Paulo: Edusp, 1997.
- HARVEY, D. *A condição pós-moderna*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1999.
- HERCULANO, S. C. Do desenvolvimento (in)suportável à sociedade feliz. In: GOLDEMBERG, M. (Org.). *Ecologia, ciência e política: participação social, interesses em jogo e luta de idéias no movimento ecológico*. Rio de Janeiro: Revan, 1992.
- KRUSCH, A.V.; CARVALHO, F.P.; MORAES, J.M.; CAMARGO, F.P.; BALLESTER, M.V.; MARTINELLI, L.A. & VICTORIA, R.L. *Spatial and temporal water quality variability in the Piracicaba River Basin, Brazil*. J. American Water Resources Assoc., 33 (5): 1.117-1.123, 1997.
- LEFEBVRE, H. *La revolución urbana*. Madrid: Alianza, 1983; LEFEBVRE, H. *The production of space*. Massachusetts: Blackwell, 2000.
- MORAES, J.M.; GENOVEZ, A.M.; MORTATTI, J.; BALLESTER, M.V.; KRUSCH, A.V., MARTINELLI, L.A. & VICTORIA, R.L. Análise de intervenção das séries temporais de vazão dos principais rios da bacia do Rio Piracicaba. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 2 (2): 65-79, 1997.
- MORAES, J.M.; PELLEGRINO, G.Q.; BALLESTER, M.V.; MARTINELLI, L.A.; VICTORIA, R.L. & KRUSCH, A.V. *Trends in hydrological parameters of a southern Brazilian watershed and its relation to human induced changes*. Water Resources Management, pp. 295-311, 1998.
- MOURA, Robert Manners. *A importância do Vale do Rio Douro na conservação da paisagem e os problemas de gestão decorrentes*. População e Sociedade, v. 13, p. 107-123, 2007.
- MUELLER, C. C. Problemas ambientais de um estilo de desenvolvimento: a degradação da pobreza no Brasil. *Revista Ambiente & Sociedade*, Campinas, ano 1, n. 1, p. 82, 2.o sem. 1997.
- NAREDO, José Manuel. *Sobre el origen, el uso y el contenido del término sostenible*. In: *Ciudades para un futuro mas sostenible*. Madrid: UPM jun. 1997. Disponível em: <<http://habitat.aq.upm.es/cs/p2/a004.html>>. Acesso em 22/04/2016.
- PELEGRINI, Sandra C. A.. *Cultura e natureza: os desafios das práticas preservacionistas na esfera do patrimônio cultural e ambiental*. **Rev. Bras. Hist.**, São Paulo, v. 26, n. 51, p. 115-140, June 2006. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-01882006000100007&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 06/08/2016.
- REBELO, João et al. *Caracterização Sócio-Econômica. Plano Intermunicipal de Ordenamento do Território - Alto Douro Vinhateiro*, Relatório, v. 1, p. 99-116, 2001.
- RODRIGUES, A. M. *Produção e consumo do e no espaço: problemática ambiental urbana*. São Paulo: Hucitec, 1998.
- SCHIER, Raul Alfredo. *Trajetórias do conceito de paisagem na geografia*. *Revista Ra'e Ga*, v. 7, p. 79-85, 2003.
- SORIANO, Afranio José Soares. *Estrada-parque: proposta para uma definição*. 2006.



Outdoor ventilation and urban planning: comparative study between climatic measurements and CFD simulation

Fabiana Trindade da Silva

Federal University of Espírito Santo, Post-Graduate Program in Environmental Engineer, Vitória (ES), Brazil

fabianatrindade.silva@gmail.com

Elisa Valentim Goulart

Federal University of Espírito Santo, Environmental Engineer Department, Vitória (ES), Brazil

elisa.goulart@ufes.br

Cristina Engel de Alvarez

Federal University of Espírito Santo, Planning and Project Laboratory, Vitória (ES), Brazil

cristina.engel@ufes.br

Neyval Costa Reis Jr.

Federal University of Espírito Santo, Environmental Engineer Department, Vitória (ES), Brazil

neyval@inf.ufes.br

ABSTRACT: Natural ventilation is essential to air quality and is one of the main strategies to achieve thermal comfort in urban areas in humid tropical regions, such as the study area in Vitória (Espírito Santo, Brazil). However, the wind is one of the most modified variables with the urbanization process, which makes it essential to understand the impact of urban settings in the ventilation natural flow. This phenomenon can be analyzed through simulations or controlled measurements. The measurements provide valuable aid in the understanding of the situation, but do not allow the prediction of other scenarios. However, in urban planning, it is important to consider the long-term phenomenon, so the computer simulation is an important tool for the prediction of future scenarios. Thus, the aim of this research was to conduct a comparative study between two methods of study flow field in urban areas: field microclimate measurements and computational fluid dynamics (CFD). To this end, we selected a region in Vitória where the data were comparative analyzed. The similarity between the two methodologies predicting the measured value and especially the flow field behavior validate the CFD as a model capable of obtaining representative data of the existing situation. The results also point the software as a valuable tool for urban planning, able to predict different scenarios.

Keywords *Natural ventilation; Urban planning; Climatic measurements; CFD simulation*

1. INTRODUCTION

The changes in urban settings interfere in climatic variables changing their magnitudes, forming a mosaic of microclimates, which makes the urban climate. The urban microclimate is receiving more attention in urban planning, because it directly affects people. It is related to a wide range of issues, such as external activities (Ahmed, 2003; Zacharias et al., 2001), comfort (NIKOLOPOULOU & Lykoudis 2006), air pollution (Yuan et al, 2014;. Taha 2015), energy (Dorer et al., 2013) and health (Harlan et al., 2006).

Natural ventilation is essential to the air quality and is one of the main passive strategies to achieve thermal comfort in urban areas in humid tropical regions, such as the study area in Vitória (Espírito Santo, Brazil). However, the wind is one of the most changed climate variables with the urbanization process. The effectiveness of urban ventilation depends on the wind interaction at different scales and cities natural and artificial features, whose urban planning should act to create conditions to ventilation promotion.

Different urban settings influence of various forms in ventilation natural flow, making it essential to understand how this occurs, whose analysis can be done by simulation or controlled measurements aiming to measure the impact of a given set of urban settings in wind speed. Measurements provides valuable aid in phenomenon understanding, but is limited to the existing situation. In urban planning, it is important to consider the long-term phenomenon, so computer simulation is an important tool for predict future scenarios.

Computer simulation can be made to a wide range of scenarios, which can represent the current situation, future prognosis and study of various urban settings proposals. Models of computational fluid dynamics (CFD), simulates actual physical processes that defines in set the wind behavior (Broekhuizen, 2016). CFD provides a complete picture of the behavior of the wind throughout the model and is well established in a variety of fields (Blocken, 2015).

Thus, the aim of this project was to conduct a comparative study between two methodologies of investigation of flow field in urban areas: the microclimate on-site measurements and the dynamic fluid software. For this, we selected an urban area in Victoria to conduct the measurements and posterior CFD simulation.

2. VENTILATION AND URBAN PLANNING

Urban ventilation studies are important for urban planners, architects, engineers and various professionals whose study object are the cities. For urban design, a comfortable external environment is crucial to provide activities and directly affects the social and collective dimension of the city (Gehl, 2010, Carmona, 2010).

It is noteworthy; however, that ventilation influence analysis in the urban environment can be performed at different times according to the study purpose. Given that the wind speed profile decreases as it approaches the ground and is influenced by the roughness (buildings and other obstacles) (Cocceal & Belcher, 2006), the passer-level is especially important for urban planning (Gehl, 2010) and is focus of several studies (Shi et al., 2015 Ayo et al., 2015). The flows in pedestrian level are set by the complex interaction between the wind and the built environment.

Shi et al. (2015) identify at least three aspects of cities that affect wind on pedestrian level, mechanical comfort, thermal comfort of the passer, and urban ventilation. For this study we analyzed the urban ventilation, specifically wind behavior in relation to a selected urban setting.

In urban climate studies, one of the aspects that have been approached more often is the relationship of urban form with the microclimates formation. The setback areas, layout, height, width and depth of the built mass, associated with morphological features characteristics, such as topography, represent spatial urban configuration. The buildings arrangement, their shape and the presence of external obstacles play an important role in wind profile modification.

3. URBAN VENTILATION ANALYSIS METHODS

The wind directly affects the population, such as air quality and environmental comfort, among other things, so it is essential to study this variable for urban planning. Wind speed and direction can be analyze in four ways: on-site measurements, wind tunnel, simplified computational methods and computational fluid dynamics (Broekhuizen, 2016).

On-site measurements provide a situation detailed data, but requires extensive work field, which spends time and is also subject to weather conditions, which must be local climate representative, and rainless days. They are important for the situation understanding, however its application to other scenarios prediction is limited.

Wind tunnel's tests of situation's reduced scale models allows the analysis of wind flow in the study object. Sensors can be used to obtain precise data wind speed (Carpentieri & Robins, 2015). However, two aspects must be considered: the data are obtained only in places that the sensors were positioned; and the equipment is not accessible to all, which could hinder its implementation by urban planners (Blocken, 2015).

Simplified computational methods behavior uses empirical models to estimate the wind speed in urban environments rather than using simulations of the actual physical processes (Broekhuizen, 2016). These techniques have a low computational cost, but are also less accurate. The software interfaces are more complex, which hinders their greater use.

The fourth wind analysis method is the use of computational fluid dynamics (CFD), which uses a computer model to simulate the physical processes of a particular situation. The models in CFD allows simulate various scenarios, which provides more possibilities for urban planning. The use of CFD has also been implemented more easily due to advances in computer technology (Chung & Cho, 2011).

CFD for providing a wind behavior panorama of the scene around the model in a variety of fields (Blocken, 2015), makes it more accessible in general, than the field measurements, wind tunnel experiments or simplified mathematical models (Broekhuizen, 2016). Thus, for urban planning the use of tools able to predict several scenarios facilitates and streamlines the process of decision making, such as the urban parameters definition such as height and setback areas. However to expand their use in urban planning process it is critical to validate the computer simulation from the comparison with measurement data in existing field situations, objective of this research.

4. METHOD

To achieve the research main objective we defined methodological procedures, indicated in Figure 1.

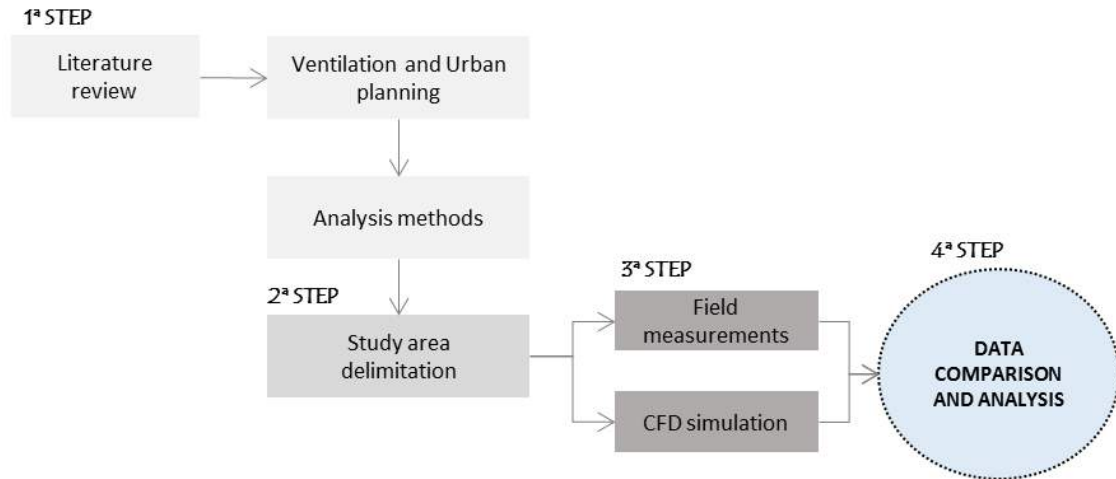


Figure 1 – Methodological procedures flowchart

The first stage was carried out a literature review about ventilation and urban planning, seeking to understand how this climatic variable is impacted by urban settings. In sequence, we conducted studies on ventilation analysis methods, to define the research methods. In second stage was defined a study area in Vitória city, for the application of measurement methods selected in the previous step, on-site measurements and CFD simulation, later the data of both methods were compared.

4.1 Study area delimitation

For analysis methods comparison we defined a territorial sampling in Vitória city, Espírito Santo's capital (Brazil), that have different build configurations. These configurations guided the location of three sampling points (Figure 2). The selected area have similarity in features as topography, network and land subdivision. The road orientation network parallel to waterfront allows to a better understanding of urban typology effect on wind.



Figure 2 – Sampling point's indication
Source: Google Earth adapted, 2016

Point 1 is located in front of 14 floors buildings, facing the sea, with large setback areas between them. In point 2, on one side are 14 floors buildings, with large front and side clearances; the other side are buildings up to two floors, with little or no clearance front and side. Point 3 is between buildings up to 2 floors, with little or no side clearance.

4.2 Climatic measurements

The sampling points microclimate measurements were made through three portable mini-stations. The stations were positioned at 110 cm from the ground (abdomen height), according to ISO 7726 (2005), which establishes standards for physical quantities measurements. Each mini-station contains 01 portable digital thermo-hygro-anemometer, 01 windsock, 01 tripod and 01 weather shelter. The equipment specifications follows ISO 7726 recommendations (2005). The mini-stations remained in points for a 2 hours period. The times were set according the results obtained in the initial method.

The days was choose following the season representativeness criteria, ie: little cloudiness, no precipitation and minimum of 5 m / s wind speed (station's recorded, at 4 meters height). Such criteria aimed a better reception of the wind by the sensor equipment at a 110 cm height. Climate sampling occurred at 12 pm during the winter. Climate data records was registered in climate data sheets, for each point were recorded day; schedules; average and maximum speeds of sea wind (research study object).

4.3 CFD simulation

Computational fluid dynamics uses numerical methods to simulate the behavior and properties of fluid movement. The CFD software's is mostly based on Navier-Stokes equations solved at all grid's points in two or three dimensions (Carpentieri & Robins, 2015). This research used the commercial software Ansys INC Fluent 14.5 due to its wide

application in this subject's research (Shi et al., 2015, Yuan et al., 2014). There are six steps to complete the computer simulation: geometry modeling (Figure 3); mesh definition; setup of method and analysis conditions; software resolution; and results.

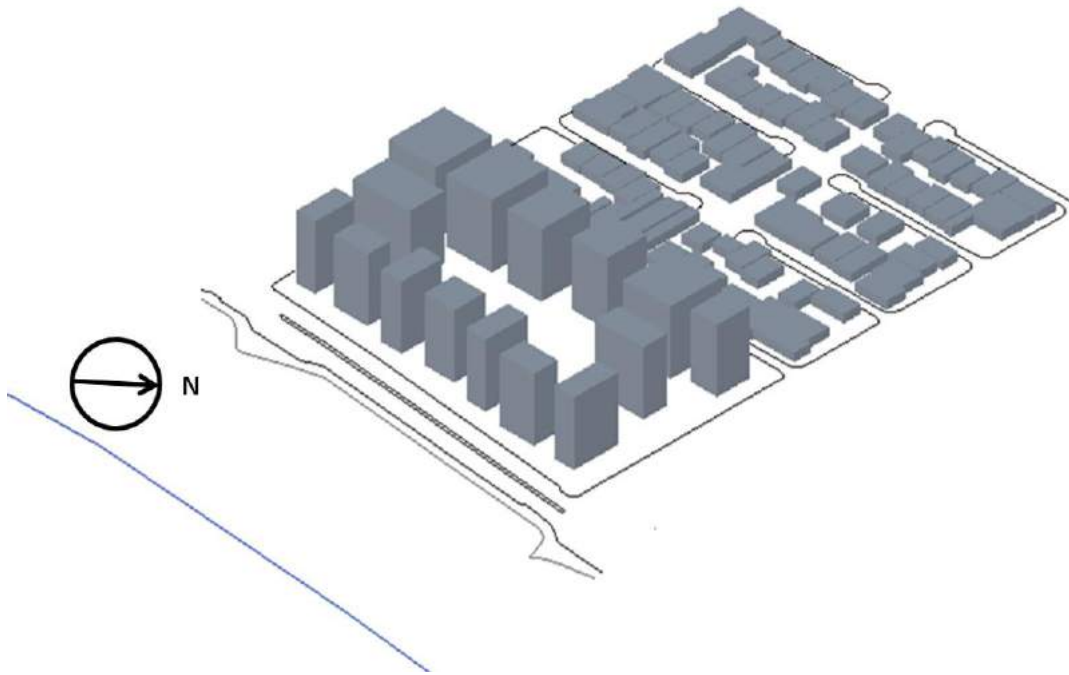


Figure 3 – Study area 3D modeling in Autocad 3D

The computational domain was a simplified version of the existing geometry because it is commonly used in urban ventilation's studies (Cheng et al., 2007, Carpentieri & Robins, 2015). The buildings were represented by simple polygons (squares and rectangles). Three-dimensional modeling was carried out in Autocad 3d and later imported on Workbench DesignModeler package, which FLUENT is part of it. Autocad was chosen for 3D due to be a well-known platform of urban planners and in that way could serve as a contributing factor to increase the use of software for these professionals.

The next step was make the mesh, which consists in the buildings and surrounding areas. We used a triangular mesh with approximately 1,300,000 knots and mesh refinement in the buildings. The turbulence was treated using the $K - \epsilon$ model, commonly used and recommended in pedestrian level wind analysis (Franke et al 2007; Tominaga et al 2008). Finally, we plot the results for the on-site measurements sampling points.

5. RESULTS

The data used for the comparison between the methods of analysis of ventilation, are exclusively the wind speed. For the analysis of this work it was used measurement data for the winter period, which registered the predominance of the southwest wind direction, incident perpendicular to the buildings in the study area.

5.1 Climatic measurements

The measurements results were analysed using parametric tests (comparison between means), because in a preliminary data analysis the means proved to be more representative of the climatic conditions of each sampling point. This observation was particularly true about wind speed; because this parameter fluctuates considerably, and the maximum and minimum values masks the more frequent conditions.

Wind speeds recorded at CPTEC (Weather Forecasting and Climate Studies Center - Airport station) were higher than in sampling points (Figure 4). The airport station is located at 4 meters high in an area with few buildings, while the mini-stations were placed at 1.10 m in an area with buildings. This difference shows that the wind speed gradient reduces on approaching the ground, thus being lower wind speeds registered in pedestrian level.

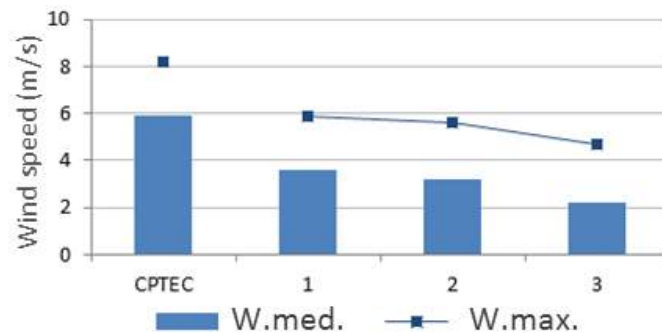


Figure 4 – Measurements 20/08/13: Wind speed

Point 1 (seafront) registered the maximum wind speed, due to the lack of urban typology barriers in point's front. From point 1 to point 2, there was a 11% reduction of wind speed; already in point 2 to 3 had a reduction in wind velocity value about 31%. The lower reduction between points 1 and 2, was due to the superblock, which despite having tall buildings, have large distances between them which allows the wind flow between blocks. In subsequent blocks there is a difference of building typology, houses are two-story with little or no spacing between them, which creates a barrier to the wind flow.

5.1 CFD simulation

Simulation was made for the conditions set out in item 4.3. Figure 5 shows the wind flow at 1.10 meters, the same height of field measurements. The dark blue indicates lower wind speeds, and red, the highest speeds.

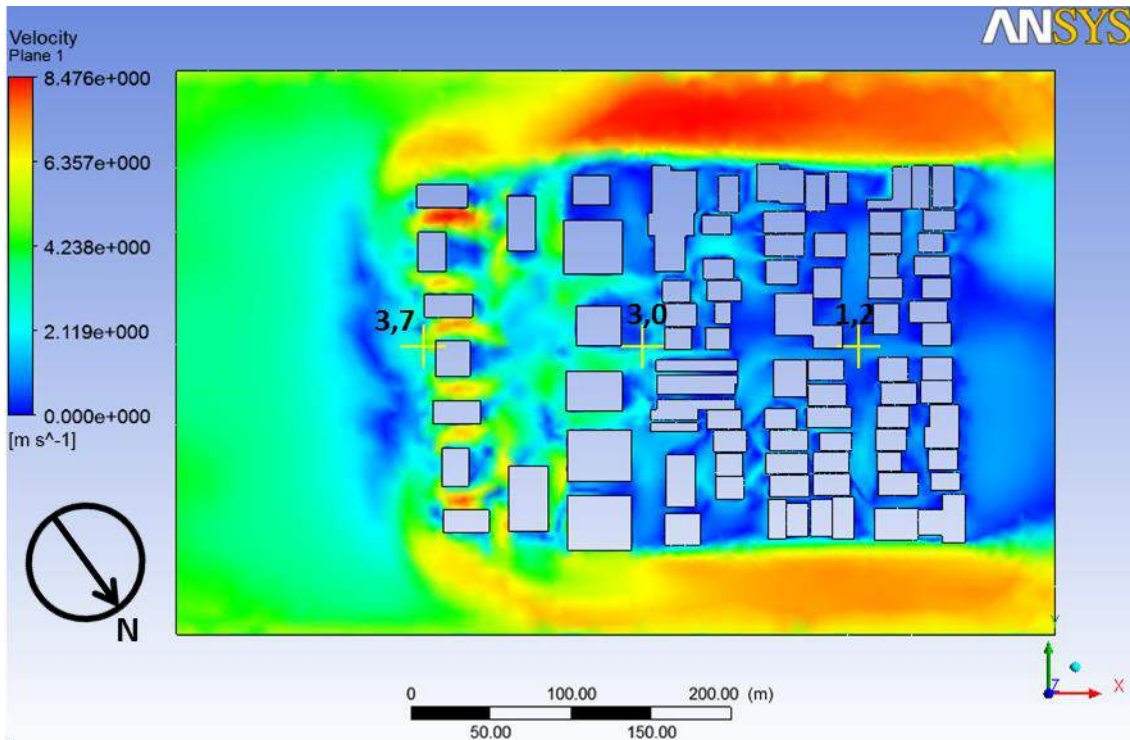


Figure 5 – Wind flow in FLUENT

The image indicates that the flow is not uniform and different types of buildings affect it. The plan in question (1.1m), little or no setback areas between buildings with two floors (behind the superblock) shows a greater reduction in wind speed.

For posterior comparison between simulation data and field measurements, 3 points where measurements were recorded, was plotted in simulation model. The wind data indicate that the higher speed of 3.7m / s was recorded in 1 (facing the sea); the next point was reduced to 3 m / s and, in point 3, the speed was 1.2m / s. This shows there was a reduction in wind speed as it enters the neighborhood blocks.

5.3 Methods comparison

The comparative analysis of data obtained in measurement and computer simulation it was noticed a greater correspondence at point 1, since it does not suffer influence of buildings ahead. The point 2 values were similar and recorded 3.2m/s in the measurement and 3m/s in the simulation. Point 3 shows a greater difference between the values: 2,2m/s in the measurement and 1.2 m/s in the simulation.

This difference is expected in comparison between measured and simulated data, as indicated in several studies (Broekhuizen, 2016), since the measurement is subject to various interference factors, such as other wind directions. Another important factor is that the wind speed fluctuates and for the simulation was used a constant speed profile, to simplify the model. Nevertheless, these issues can be adjusted in FLUENT, as the insertion of other wind direction, vertical wind profile, choosing another turbulence model.

The CFD's use in urban planning opens up a range of possibilities, as isolate variables for a particular study, prediction of future scenarios and planning new urban areas. However,

measurements are important to obtain a situation climate sampling, once the results are influenced by several variables in the urban environment. Therefore, it is essential to establish the study purpose to choose the most appropriate method.

6. CONCLUSIONS

Different urban settings influences wind speed and direction. There is a growing search for quantifying the parameters that influence the wind pattern in urban areas.

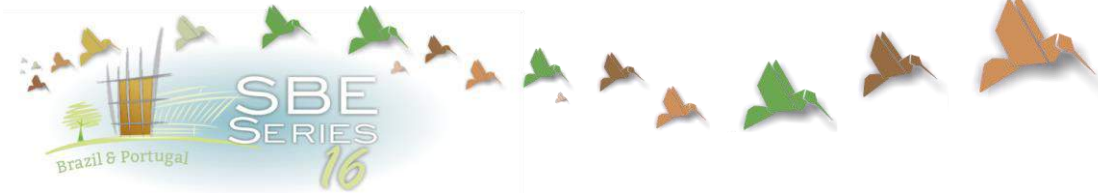
In situ measurements are costly in time, manpower and money to purchase equipment. It is subject to climatic variations and the accuracy of the data recorded by professionals. The use of computational fluid dynamics software shows promise in helping the decisions that urban planners need to take, increasing the number of possibilities for studies that can be performed.

Although CFD are not widely used by city planners the possibility of use in conjunction with AutoCAD may make it an inviting tool for these professionals.

REFERENCES

- Ahmed, K.S. 2003. Comfort in urban spaces: Defining the boundaries of outdoor thermal comfort for the tropical urban environments. *Energy and Buildings*, 35(1), pp.103–110.
- Ayo, S.A. & Mohd-Ghazali, N. & Mansor, S. 2015. Outdoor ventilation performance of various configurations of a layout of two adjacent buildings under isothermal conditions. *Building Simulation*, 8: 81-98.
- Blocken, B. 2015. Computational Fluid Dynamics for Urban Physics: Importance, scales, possibilities, limitations and ten tips and tricks towards accurate and reliable simulations. *Building and Environment*. 91: 219-245.
- Broekhuizen, I. 2016. *Integrating Outdoor Wind Simulation in Urban Design: A comparative study of simulation tools and their benefits for the design of the LTU campus in Luleå*. Master thesis. Master of Science in Climate Sensitive. Luleå University of Technology.
- Carmona, M. & Heath, T. & Oc T. & Tiesdell, S. 2010. *Public Places, Urban Spaces: The Dimensions of Urban Design*. Routledge.
- Carpentieri, M. & Robins, AG. 2015. Influence of urban morphology on air flow over building arrays. *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.*, 145: 61-74.
- Cheng, H. & Hayden, P. & Robins, A.G. & Castro, I.P. 2007. Flow over cube arrays of different packing densities. *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.* 95: 715–740.
- Chung, J,D. & Choo, M.-L. 2011. Computational Fluid Dynamics for Urban Design: The Prospects for Greater Integration. *International Journal of Architectural Computing*, 9(1), pp.33–54.
- COCEAL, O. & BELCHER, S. A. 2004. Canopy model of mean winds through urban areas. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 130: 1349–1372.
- Dorer, V. et al. 2013. Modelling the urban microclimate and its impact on the energy demand of buildings and building clusters. *13th Conference of International Building Performance Simulation Association*, Chambéry, France, August 26-28: 3483–3489.
- Franke, J. & Hellsten, A. & Schlunzen, H. & Carissimo, B. 2007. *Best practice guideline for the CFD simulation of flows in the urban Environment*. Germany: University of Hamburg.
- Gehl, J. 2010. *Cities for people*. USA: Island Press.
- Harlan, S.L. et al. 2006. Neighborhood microclimates and vulnerability to heat stress. *Social science & medicine*, 63(11), pp.2847–63.
- International Organization for Standardization 1998. *ISO 7726-ergonomics of the thermal environment: instruments for measuring physical quantities*.
- Nikolopoulou, M. & Lykoudis, S., 2006. Thermal comfort in outdoor urban spaces: Analysis across different European countries. *Building and Environment*, 41(11), pp.1455–1470.
- Shi, X. et al. 2015. Assessment of pedestrian wind environment in urban planning design. *Landscape and Urban Planning*, 140: 17–28.

- Taha, H. 2015. Meteorological, air-quality, and emission-equivalence impacts of urban heat island control in California. *Sustainable Cities and Society*. 19: 207-221.
- Tominaga, Y. et al. 2008. AIJ guidelines for practical applications of CFD to pedestrian wind environment around buildings. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 96(10-11), pp.1749–1761.
- Yuan, C. & NG E. & NORFORD, L.K. 2014. Improving air quality in high-density cities by understanding the relationship between air pollutant dispersion and urban morphologies. *Building and Environment*, 71: 245-258.
- Zacharias, J. & Stathopoulos, T. & Wu, H. 2001. Microclimate and Downtown Open Space Activity. *Environment & Behavior*, 33(2), pp.296–315.



Sustentabilidade e Projetos urbanos: a interação da forma urbana com a dinâmica social em países em desenvolvimento

Rafael Barreto Castelo da Cruz

Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo (SP), Brasil

rafaelcastelo@usp.br

Karin Regina de Casas Castro Marins

Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo (SP), Brasil

karin.marins@usp.br

Fabiano Monte

Universidade Nove de Julho – Cidades Inteligentes Sustentáveis, São Paulo (SP), Brasil

vfqm@uol.com.br

Cristiano Capellani Quaresma

Universidade Nove de Julho – Cidades Inteligentes Sustentáveis, São Paulo (SP), Brasil

quaresmacc@uninove.br

RESUMO: Atualmente, 3,9 bilhões de pessoas vivem em áreas urbanas. As cidades, no processo de urbanização, experimentam crescimento demográfico, deterioração dos recursos naturais, produção de resíduos urbanos, consumo excessivo de energia, poluição, problemas com mobilidade e acessibilidade. Estas questões dificultam uma gestão sustentável do território. Muitas das cidades com rápido crescimento no mundo são, relativamente, pequenos estabelecimentos urbanos. Nas últimas décadas, algumas iniciativas têm sido implementadas para melhorar o ambiente urbano. Dentre elas, incluem-se os movimentos “Smart Growth” e “Novo Urbanismo”, estes atentam à forma urbana, o uso do solo e o transporte, se sedimentam em espaços acessíveis a pé e em parâmetros associados à compactidade, densidade e diversidade. Este artigo objetiva analisar, a partir de dados secundários, como as intervenções urbanas sustentáveis tem seus impactos subsidiados por estratégias e princípios, que tem relação de causa e efeito com dinâmica social, entre outros aspectos. Para tanto, a pesquisa, com base em seu objetivo, é explicativa, adotando levantamento bibliográfico e estudo de caso. Serão analisados, por revisão bibliográfica, os projetos aplicados na Cidade Pedra Branca (Palhoça /SC - Brasil) e Dholera (Gujarat - Índia) para composição de um diagrama de causa e efeito relacionando princípios e estratégias inerentes à sustentabilidade urbana em países em desenvolvimento, e sua relação com indicadores e critérios. O estudo revela que estas iniciativas otimizam a infraestrutura local, mas não alteram significativamente a dinâmica social dos habitantes de menor renda. E que abordagens sistêmicas e multicriteriais podem fornecer elementos que melhor se moldam às realidades locais.

Palavras-chave *Morfologia urbana, Dinâmica social, Bairros Sustentáveis, Novo Urbanismo*

1 INTRODUÇÃO: DESENVOLVIMENTO URBANO SUSTENTAVEL

Até o início de 1990, o debate acerca da sustentabilidade ainda pouco enfocava as cidades ou os padrões de desenvolvimento urbano. Contudo, ao longo das duas últimas décadas programas associados a "cidades sustentáveis" começaram a aparecer em muitas partes do mundo, como resultado do ativismo de base, da iniciativa municipal, de governos nacionais, ou, ainda, facilitados por agências de cooperação multilateral como a Comunidade Europeia, o Banco Mundial e aquelas vinculadas a ONU (Nahas, 2015).

Nesse diapasão, esforços internacionais capitaneados por ONU-Habitat, Banco Mundial e *European Commission* envidaram modelos de urbanização sob bases mais sustentáveis (Shen et al., 2011). Segundo os autores, nessa abordagem, diferentes expressões são comumente empregadas, destacando-se: i.) Comunidades sustentáveis, que favoreçam equilíbrio solidário e dinâmico entre bem-estar social, oportunidades econômicas e qualidade ambiental; ii.) Cidades sustentáveis, que permitam realizações perenes, do ponto de vista econômico, social e físico; iii.) Urbanização sustentável, de forma que exista uma relação equilibrada entre os diversos agentes e agendas, do ponto de vista ambiental, social, econômico, política e institucional

Segundo o relatório "Cidades do Mundo" publicado pela ONU-Habitat (United Nations, 2016), as cidades sustentáveis, resilientes e inclusivas, dependem da boa governança, aliando-se os seguintes princípios: 1. Promover o desenvolvimento sustentável; 2. Atingir o planejamento integrado; 3. Integrar planos com orçamentos; 4. Planejar com parceiros e operadores; 5. Aplicar o princípio da subsidiariedade; 6. Promover a receptividade do mercado; 7. Garantir o acesso à terra; 8. Desenvolver ferramentas de planejamento apropriadas à realidade local; 9. Favorecer populações de menor renda de forma inclusiva; 10. Reconhecer a diversidade cultural.

Atualmente, e em um futuro não muito distante, será um desafio gerir cidades, áreas urbanas e novos centros populacionais como "lugares sustentáveis" (Steward & Kuska, 2011). Assim, os novos padrões de urbanização devem ser elaborados com propósito de reduzir a desigualdade social, entre outros problemas no mundo, principalmente em países em desenvolvimento, aponta o relatório "Cidades do Mundo" publicado pela ONU-Habitat (United Nations, 2016).

Ainda, conforme Wheeler (2000), o desenvolvimento urbano prescinde do atendimento de alguns princípios, tais como: i.) forma urbana compacta; iii) preservação de espaços abertos; ii) criação de espaços comunitários ambientalmente saudáveis; iv) habitação decente, acessível e adequadamente localizada; v.) promoção da equidade social e criação de oportunidades para os menos favorecidos; e vi) desenvolvimento de uma economia local restauradora. Esta lista não é exaustiva – e nem consensual entre os autores - mas busca transmitir a ideia geral de que a contínua promoção do bem-estar humano e ambiental, em longo prazo, deve ser incluída como premissa em todos os âmbitos do planejamento (Nahas, 2015).

A promoção de tal desenvolvimento requer, necessariamente, a cooperação de diversas autoridades, atores e grupos sociais, em diferentes níveis políticos, demandando a efetiva participação popular, com empoderamento, equidade e engajamento (Baxamusa, 2008). Dessa forma, o desenvolvimento urbano sustentável é, antes de tudo, uma negociação integradora e de longo prazo (Weiland, 2006). Conseqüente a este cenário, de tal forma a permitir a compreensão do resultado de intervenções urbanas ¹, são relevantes o

1 Conjunto de ações de natureza urbanística praticadas pelo Município por meio de obras públicas e desapropriações, sendo que o custo delas inclui todas as despesas necessárias à sua realização, inclusive os gastos incorridos com projetos (São Paulo, 2010).

desenvolvimento e o diagnóstico de critérios², estes critérios, ou indicadores, vêm sendo elaborados por pesquisadores do mundo inteiro, que se originam em enfoques e paradigmas de questões específicas, dada a complexa realidade das cidades.

Nesse contexto, a “consolidação de um comparativo de indicadores” pode “...auxiliar na avaliação das soluções urbanas baseadas em critérios e estratégias de sustentabilidade” (Marins, 2014). A avaliação de iniciativas que seguem esse modelo de desenvolvimento se torna, portanto, imprescindível para se verificar os impactos resultantes da integração de múltiplos aspectos urbanos, de forma sinérgica e cumulativa (Adinyira et al., 2007).

Os indicadores de apoio à análise de aspectos da sustentabilidade em áreas urbanas estão sujeitos a determinadas condições, tais como: i. que sejam passíveis de atualizações periódicas para possibilitar o estabelecimento de séries temporais e avaliações de desempenho, ao longo do tempo; ii. que utilizem sistemas compostos por vasta gama de indicadores - e não indicadores isolados; e iii. que os diversos atores e agentes que atuam na cidade, ou região, participem ativamente do processo de construção do sistema de indicadores de sustentabilidade e da sua aplicação subsequente no planejamento e na tomada de decisão política (Braga et al., 2004; Ferreira & Monte-Mór, 2012; Nahas, 2015).

Assim, o desenvolvimento urbano está sujeito ao atendimento de princípios, tais como compacidade, diversificação, equidade Social, fortalecimento da economia local e valorização de espaços públicos (Wheeler, 2000; Weiland, 2006; Baxamusa, 2008; Nahas, 2015; United Nations, 2016). Ademais estes princípios, associados a critérios e/ou indicadores estão sujeitos a requisitos para que sejam propostos de tal forma que sua avaliação é sinérgica e cumulativa (Braga et al., 2004; Adinyira et al., 2007; Ferreira & Monte-Mór, 2012; Nahas, 2015).

Assim, é possível vincular os critérios de sustentabilidade a condições de desenvolvimento urbano, e associar os requisitos necessários para tal, conforme Figura 1. A avaliação de estratégias poderia ser estruturada por meio da composição de indicadores, norteados por princípios, para instrumentalizar a gestão de modelos urbanos de acordo com critérios sustentáveis.



Figura 1 – Relação entre os princípios de Urbanização Sustentável e Requisitos dos indicadores. Fonte: Os autores (2016), baseado em: (a) Wheeler, 2000; Weiland, 2006; Baxamusa, 2008; Nahas, 2015 e (b) Braga et al., 2004; Ferreira & Monte-Mór, 2012; Nahas, 2015.

Os princípios (a) dão suporte à definição de critérios e indicadores, de apoio à tomada de decisões em planos e projetos de desenvolvimento urbanos. Os requisitos (b) são qualificações a serem consideradas na definição de critérios e indicadores.

Este trabalho analisa o desenvolvimento de duas iniciativas em projetos urbanos - Cidade Pedra Branca e Gujarat -, localizadas em países em desenvolvimento - Brasil e Índia,

² Critérios, ou indicadores podem ser definidos como a análise quantitativa de fenômenos concretos, baseados no desenvolvimento simultâneo de teoria e observação relacionadas por métodos de inferência adequados (Gujarati & Porter, 2011).

respectivamente -, que constituem referências nacionais e internacionais na adoção de estratégias e premissas de sustentabilidade urbana. Nesses casos, verifica-se se as “novas formas” de colaboração em governança, no que tange ao planejamento e financiamento do desenvolvimento dos bairros, trazem mudanças significativas na dinâmica social, e podem colaborar para estabelecer um processo metodológico que ancore estas decisões em países em desenvolvimento.

2 TEORIAS DO URBANISMO E SUSTENTABILIDADE: NOVO URBANISMO, SMART GROWTH E SMART CITIES

A forma urbana é resultado das ações de planejamento urbano e sua composição associa mecanismos de regulação do uso e ocupação do solo, e suas implicações socioeconômicas. As formas de urbanização empreendidas em países desenvolvidos apontam para uma contextualização multicriterial incorporando elementos, tais como uso da terra, transportes e energia, com a resolução de questões envolvendo pobreza e exclusão social. Muitas das estratégias foram legitimadas com participação cidadã e financiadas por meio de parcerias público-privadas, por meio das quais os governos locais alcançam o capital do setor privado para projetos (United Nations, 2016).

Na tentativa de resolver esses problemas, urbanistas, influenciados pelo modelo culturalista, formam, segundo Choay (2005), o planejamento humanista intitulado Antropopólis, reforçado por Leonard Duhl (1963) com a obra “Urban Condition”, Jane Jacobs (1961, 2000) com a obra “Death and Life”, Kevin Lynch (1960) com a obra “The image of city”, Lewis Mumford (1960) com a obra “Townscape” (Lynch, 1960 e Mumford, 1965). Atualmente, o urbanismo contemporâneo, influenciado pelo modelo culturalista e os conceitos de Jane Jacobs, estrutura-se nos conceitos difundidos por Duany e Zyberk, denominados “New Urbanism” e “Smart Growth” (Duany et.al, 2000a, 2000b)

A teoria urbanística contemporânea e a “boa forma da cidade” (Talen e Ellis, 2002, Talen 2003) parecem ser uma mescla entre as correntes atuais: Novo Urbanismo (New Urbanism) e Crescimento Inteligente (Smart Growth). De forma pendular, inserem questões de modelos tecnicistas e humanistas identificando as conquistas tecnológicas aplicadas à arquitetura.

Ainda, independente de tais correntes, um fator relevante que se destaca é a escala humana. Alguns dos elementos e princípios constantes dessas correntes, são premissas para a aplicação de soluções em Cidades Inteligentes (Smart Cities). Assim, o “Smart Growth”, ou planejamento inteligente, estrutura-se no modelo “Traditional Neighborhood Development” (TND), resgatando a importância da comunidade lastreada por um zoneamento misto, o qual favorece a diversidade de tipos de edificações e atividades, com bairros que tenham seu centro e limites bem definidos.

O Novo Urbanismo (*New Urbanism*), influente nos Estados Unidos da América, prevê uma estruturação da cidade, na qual se trona um *locus* mais compacto e com usos mistos, facilitando tanto os deslocamentos por modos não motorizados quanto o encontro de pessoas, enquanto fortalece o senso de comunidade (Gallagher, 2013; Fincher, 1982; New Urbanism, 2013). Tem princípios, como: variedade de tipologia e preços das habitações, a fim de integrar pessoas de diversas classes, idades e raças; corredores de trânsito para organizar a estrutura urbana; e prescrever densidades adequadas. (Leite, 2012; Silva et. al. 2014).

O *Smart Growth* (Crescimento inteligente), por sua vez, é focado em desenvolvimento urbano compacto, uso misto, no desenvolvimento orientado ao transporte³ e incentivo ao transporte a pé, (SMART GROWTH NETWORK, 2006), com volta à escala humana, contribuindo para a revitalização do espaço público e para a vivência da cidade. Essas

³ Traduzido do inglês, “Transit-Oriented Development” ou TOD.

características estão adquirindo amplitude, embasando intervenções, como as que estão ocorrendo nos Estados Unidos, visando evitar o espraiamento, dispersão e a suburbanização.

O Novo Urbanismo e o Smart Growth, em comum, têm como princípio a maior interação entre a população, espaços de lazer e convivência, oportunidades distribuídas pelo bairro de forma equilibrada e atendendo as diversas classes sociais; e a necessidade de garantir todas as premissas acima descritas de forma acessível financeiramente, com material, mão de obra e tecnologia, preferencialmente, local, o que gera empregos e distribuição de renda e o aquecimento das atividades econômicas. Com isso alguns autores situam que em um planeta altamente urbanizado, para atingir este objetivo o aprofundamento da compreensão das cidades como sistemas culminam as iniciativas inteligentes de forma multisetorial com diversos atores, prioridades e soluções. (Ramaswani et al., 2016).

Nas “Cidades Inteligentes” (*Smart Cities*), é possível integrar e otimizar sistemas de gerenciamento para respostas inteligentes (MIT, 2013). Outras características são: reaproveitamento de água, fontes alternativas de energia, iluminação eficiente, reciclagem de resíduos, tanto no bairro, como nas edificações.

No entanto, observam-se resultados diferentes na aplicação de modelos, formas, projetos ou intervenções destes modelos. Para Nahas (2015), tais resultados vêm sendo atribuídos à falta de consenso sobre os indicadores de avaliação adotados em diferentes práticas, uma vez que estes são relacionados aos objetivos ou políticas implementadas e, sobretudo, à ausência de padrões, métodos ou critérios pertinentes e universais para a seleção de indicadores de sustentabilidade urbana.

Os estudos de caso revelam que, no caso Indiano (Gujarat), o projeto foi inserido em uma área descontextualizada, desconexa da comunidade local. No caso brasileiro, a intervenção se caracteriza como uma proposta que se baseia em um modelo de planejamento urbano excludente, com vieses de um loteamento, assim como na ausência de empreendimentos voltados para as habitações de interesse social. Em comum, são latentes a segmentação do espaço e a segregação de classes. Outras características apontam para um emulhamento do tecido urbano, onde as comunidades almejam identidades não apenas no campo do planejamento e da arquitetura, mas também no campo social (Datta, 2015; Ribeiro, 2009).

3 ESTUDO DE CASO DO PROJETO DE DHOLERA – GUJARAT/ INDIA.

Em dezembro de 2013, a *US-based Smart City Council* se instalou na Índia com o objetivo de definir uma nova agenda para o “crescimento inteligente” das cidades indianas e acelerar o crescimento de setores econômicos relacionados às cidades inteligentes (Smart Cities Council, 2013). Na Índia, em particular, tem havido um movimento para a construção de 100 novas cidades inteligentes no futuro, a fim de estimular o crescimento econômico e a urbanização (Datta, 2015).

Dholera é uma província do estado de Gujarat, constituindo o primeiro caso de desenvolvimento urbano na Índia baseado em conceitos e estratégias de “Smart Cities”. Tem sua implantação planejada pelo Reino Unido, e será parcialmente pago por empresas estatais japonesas e indianas. Prospecta-se que Dholera terá 903 km² em 2040, o dobro do tamanho atual de Mumbai (Pagdadis⁴, 2013 apud Datta, 2015).

O relatório de Avaliação de Impacto Ambiental de Dholera (Senes Consultants, 2013) é, em grande parte, habitada por 'Koli Patels' (cerca de 62% da população), que abrange uma

⁴Pagdadis S.2013. The need for developing smart cities, In Vibrant Gujarat Summit, seminar on developing integrated, smart & sustainable cities; with a focus on DMIC & SIRs: seminar proceedings & way forward. 11–13 January.

comunidade de pesca, além outros grupos sociais, ainda ligados ao sistema de Castas. Nessa região, 47% da terra é agrícola, com 62 % dos moradores ocupados na agricultura.

Sua criação visa liderar o crescimento econômico na região, gerando 0,8 milhões de postos de trabalho, com uma população de 2 milhões de habitantes até o ano de 2040 (Dholera SIR,2014). A construção da infraestrutura partirá do zero, haverá investimentos em sistemas de serviços urbanos tecnológicos, saneamento, entre outros, os quais estima-se que custarão cerca de US \$ 9-10 bilhões (Dattas, 2015). Irá incluir 12% de terras agrícolas e será construída em três fases, com finalização prevista para 2040 (Dholera SIR,2014; Dattas, 2015). O projeto recebeu críticas internacionais, pois será implantada em uma área sujeita a inundações e exigirá a desapropriação de terras de pequenos produtores rurais (Dattas, 2015).

Dholera promete ser uma nova cidade sem os 'incômodos' da vida urbana cotidiana, de modo a integrar componentes de infraestrutura, como *smart grid*, edifícios verdes, redes multimodais de transporte e assim por diante. Dholera é parte de uma mudança em intervenções urbanas incentivadas em países em desenvolvimento, tais como China, Malásia, Coreia, Brasil, na direção de fabricação "novas cidades", em parceria do Estado com o setor privado (Moser, 2010; Percival & Waley, 2012; Watson, 2014).

Alguns autores pontuam que Dholera será mais um exemplo de cidade "privada", em uma escala gigantesca (Graham, 2000; Atkinson e Bridge, 2005; Choe et al., 2008), onde o planejamento urbano servirá aos interesses e aspirações da elite política e das classes dominantes. Inicialmente, há a perspectiva de que estas novas cidades sejam construídas em "terra vazia", escapando, assim, do debate público e democrático sobre expulsões em massa de cidadãos marginalizados de suas terras e meios de subsistência. A aquisição de terras para grandes infraestruturas ou desenvolvimento de projetos urbanos, na Índia, tem consistentemente enfrentado protestos locais e desafios judiciais (Goldman, 2011).

Cerca de 70% da população da Índia ainda prospera sobre relações econômicas rurais, desenvolvidas nas então descritas "terras vazias". Assim, a realidade aponta que Dholera, como cidade inteligente, configurou-se como um novo "regime de expropriação" (Levien, 2013), no qual camponeses são conduzidos às fronteiras finais da cidade, por meio de mecanismos diretos e indiretos, representando um novo modelo de grilagem de terras.

Contudo, o controle do Estado, nas esferas de decisão e de participação, evidencia, gradualmente, que as questões importantes das comunidades locais e marginalizadas não são respondidas, ou são desconsideradas na aprovação final dos projetos implantados (Rajvanshi,2003; Narain, 2009; Paliwal, 2006; Datta, 2015).

Com base no caso de Dholera, é possível verificar como o processo de construção de novas cidades na Índia, cuja proposta se baseia em modelos de cidades sustentáveis e inteligentes, é bifurcado por demandas conflitantes de economia, crescimento e justiça social. Por um lado, Dholera se mostra como uma oportunidade de atração do capital global e de crescimento econômico. Mas por outro, mostra como estratégias de planejamento urbano podem favorecer, principalmente, interesses privados que potencializam prejuízos à equidade social e ao fortalecimento da economia local.

4 ESTUDO DE CASO DO PROJETO DE CIDADE PEDRA BRANCA- PALHOÇA/ BRASIL

Recentemente, o programa *Climate Positive Development*, em parceria com a *Clinton Climate Initiative*, direcionou esforços para o desenvolvimento de projetos urbanos de larga escala (Oliveira, 2014;). O empreendimento brasileiro Cidade Pedra Branca (SC), juntamente com outros 16 projetos, foi escolhido para fazer parte deste programa, que investirá em soluções para a redução das emissões de gases de Efeito Estufa (Marins, 2014; Oliveira, 2014).

O projeto do bairro foi baseado nos conceitos do "Novo Urbanismo" com foco nos pedestres, nas construções sustentáveis e na qualidade dos espaços públicos. Assim, é orientado,

principalmente, por nove princípios: São eles: 1. Prioridade ao pedestre; 2. Uso misto e complementares; 3. Espaços Públicos; 4. Diversidade de moradores; 5. Senso de comunidade; 6. Densidade equilibrada; 7. Sustentabilidade e alta performance do ambiente construído; 8. Harmonia entre natureza e amenidades urbanas; e 9. Conectividade e integração regional.

Cidade Pedra Branca traz melhorias técnicas no que tange à implantação de passeios públicos e sistemas viários, com tratamento (pavimentos) e dimensionamento mais adequado em passeios públicos e vias para bicicleta, quando comparado aos padrões encontrados em espaços públicos no Brasil. No entanto, a solução é aplicada somente na área de intervenção, portanto, visa ao incentivo desses modos no transporte dentro do bairro. A rede de transporte público abrange apenas algumas linhas que conectam o local com o centro de Palhoça, não havendo desincentivos ao transporte individual (Marins, 2014).

Contudo, segundo Ribeiro (2011), há correntes que apontam que, na realidade, o bairro configura um setor específico de um grande loteamento voltado para habitantes de média e alta renda, estão projetados e em processo de edificação 20 quadras que abrigarão prédios certificados pelos USGBC (*United States Green Building Council*), o conselho norte-americano de prédios verdes.

Também há de se verificar que, no início do projeto, nas áreas mistas, foram oferecidas unidades habitacionais a R\$ 180.000,00 e que, atualmente, estas unidades não são vendidas por menos R\$ 300.000,00. Já os lotes eram vendidos a R\$12.000,00 em 2010 e, em 2014, passaram a ser comercializados por imobiliárias locais a R\$ 190.000,00. Não foram incluídas habitações de interesse social, em função dos custos da infraestrutura e da transformação do território em uma nova centralidade⁵. Ainda se observa em alguns pontos segregação sócio espacial com a implantação de muros vazados no perímetro do empreendimento. (Oliveira,2014).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os desafios do acesso à infraestrutura e serviços, aliados a redução de desigualdades sociais, ainda são fatores relevantes em países em desenvolvimento, cujas cidades ainda contam com baixas densidades populacionais em áreas centrais e crescente adensamento periférico, exigindo custos maiores para expandir o transporte, por exemplo, em áreas marginalizadas.

Cidades e comunidades são socialmente produzidas e o planejamento das intervenções tem seu papel na criação de diferentes graus de inclusão e exclusão urbana.

Neste contexto, com vistas ao referencial teórico e às experiências desenvolvidas nos estudos de caso, e considerando as prioridades elencadas pelo relatório da ONU-Habitat, a construção de comunidades objetivando a sustentabilidade urbana dá-se em um cenário multicriterial, no qual os princípios (Diversidade, Compacidade, Espaços públicos abertos e coletivos, e fortalecimento da economia local) orientam a definição de estratégias, relativamente ao planejamento integrado e governança, dinâmica e equidade social, inclusão e participação, serviços e tecnologia urbana e forma urbana, uso e ocupação do solo, dentre outros aspectos principais. O diagrama de causa e efeito relacionado na Figura 2 sintetiza essas relações.

⁵Fenômeno decorrente da dispersão, quando uma área tem densidade demográfica e econômica importante, criam-se centros secundários para a distribuição de mercadorias ou de serviços. (Santos, 1989).



Figura 2. Relação de Causa e Efeito entre Princípios (linhas horizontais) e Estratégias (linhas inclinadas) para Sustentabilidade Urbana. Fonte: Os autores, 2016. Baseado em United Nations, 2016; Wheeler (2000); Braga et.al.(2004) Ferreira et. al. (2012); Datta (2015); Weiland, (2006) e Nahas (2015).

A articulação proposta, em nível preliminar, pode ser fortalecida pela associação de critérios, ou indicadores, de avaliação para cada estratégia e para cada princípio, assim como aprimorada a partir de outras referências teóricas e da análise de outras situações urbanas.

6 CONCLUSÃO

Cidades e comunidades são socialmente produzidas. O planejamento das intervenções tem seu papel na inclusão e exclusão urbana, tal proposição é verificada a partir da alteração de indicadores ligados à forma urbana e seu impacto na dinâmica social, inclusive em intervenções urbanas específicas oriundas da aplicação de modelos urbanísticos

No caso indiano, Dholera, nota-se a dificuldade em atender objetivos ligados à diversidade, equidade social, e fortalecimento da economia local. O baixo nível de urbanização e as atividades, ligadas principalmente ao meio rural, corroboram para a marginalização da população no acesso às intervenções propostas no empreendimento, assim como para a exclusão nas decisões e na ocupação do espaço público. Demandas por questões agrárias e fundiárias são conflitantes com questões de acesso a serviços urbanos, tais como eletricidade, comunicações, abastecimento de água e saneamento, exigindo inovação em instrumentos de planejamento urbano, além da ausência de empreendimentos voltados para as habitações de interesse social.

Para o caso brasileiro de Cidade Pedra Branca, os conflitos pelo uso da terra não são uma demanda significativa e o empreendimento pode significar um novo vetor na oferta de empregos. Existem demandas de conectividade e integração regional, o bairro de isola da cidade e a valorização imobiliária propicia uma segregação sócio espacial desfavorecendo os princípios de equidade social e de fortalecimento da economia local. Assim, coloca-se a

necessidade de promover uma visão mais inclusiva na definição do uso e ocupação do solo. Para isso, deve-se ampliar a ação conjunta da iniciativa privada e do poder público, fortalecendo a diversidade social e o senso de comunidade.

Estes empreendimentos, sem dúvidas, têm grandes aportes financeiros e agregam soluções aprimoradas, e até mesmo inovadoras, em termos de arquitetura e engenharia. Em ambos os casos, entretanto, ainda é latente a dificuldade de envolvimento das comunidades lindeiras no processo de desenvolvimento dos bairros. Assim, além da necessidade de fortalecimento da economia local, ainda se coloca o desafio envolvimento da população original da área no processo de desenvolvimento e assentamento urbano, demandando a ampliação de abordagens multicriteriais e participativas dos processos de tomada de decisão.

REFERÊNCIAS

- Adinyira, E.; Oteng-Seifah, S. & Adjeikumi, T. 2007. *A Review of Urban Sustainability Assessment Methodologies*. International Conference on Whole Life Urban Sustainability and its Assessment M. Horner, C. Hardcastle, A. Price, J. Bebbington (Eds) Glasgow, 2007.
- Atkinson, R. & Bridge, G. 2005. *Gentrification in a global context: the new urban colonialism*. (Housing and society series). London: Routledge.
- Baxamusa, M. 2008. The Third E: *Equity as a Condition of Sustainability. Projections*. Justice, Equity + Sustainability. MIT- Department of Urban Studies + Planning. Volume 8: 17-31.
- Braga, T. M.; Brito, F.; Freitas, A. P. & MARQUES, D. H. F. 2004. *Sustentabilidade e condições de vida em áreas urbanas: medidas e determinantes nas Regiões Metropolitanas de São Paulo e Belo Horizonte*. Trabalho apresentado no XIV Encontro Nacional de Estudos Populacionais, ABEP. Caxambu - MG - Brasil, 20- 24 de Setembro de 2004: 20p
- Choe, K.; Laquian, A.; & KIM, L. 2008. *Urban development experience and visions: Índia and the people's republic of china*. Adb urban development series, manila, Asian development bank. Available at: http://citiesalliance.org/sites/citiesalliance.org/files/ADB_Urban-Visions.pdf (Acessado em: 13 Maio 2016).
- Choay, F. 2015. *O Urbanismo*. São Paulo: Perspectiva.
- Datta, A. 2015. *New urban utopias of postcolonial Índia: 'Entrepreneurial urbanization' in Dholera smart city, Gujarat*. Dialogues in Human Geography 2015, Vol. 5(1) 3-22.
- DHOLERA SIR. 2014. *A New Gujarat Within Gujarat: Dholera Special Investment Region*. Disponível em: http://dholerasir.com/dholerasir_main.aspx (Acessado em 13 de Maio de 2016).
- Duany, A.; Plater-Zyberk, E. & Speck, J. 2000a. *Suburban Nation, the Rise of Sprawl and the Decline of the American Dream*. Nova York: North Point Press, 2000.
- Duany, A. 2000b. *A New Theory of Urbanism*. Scientific American, v.283, n°6, dez/2000.
- Ferreira, V. C. & Monte- Mór, R.L. M. 2012. *Desenvolvimento Metropolitano e Sustentabilidade: Construção de Indicadores de Sustentabilidade para uma análise da RMBH*. XV Seminário Sobre Economia Mineira. Diamantina, 29-31 de agosto de 2012: 25p
- Fincher, R. 1982. *Urban redevelopment in Boston: Rhetoric and reality*. In Conflict, Politics and the Urban Scene. Edited by Kevin R. Cox, and Ronald John Johnston. New York: St. Martin's Press.
- Gallagher, L. 2013. *The End of the Suburbs: Where the American Dream Is Moving*. New York: The Penguin Group, Inc.
- Goldman, M. 2011. *Speculative urbanism and the making of the next world city*. International Journal of Urban and Regional Research 35(3): 555 -581.
- Graham, S. (2000) *Constructing Premium Networked Spaces: reflections on infrastructure network and contemporary urban development*. International Journal for Urban and Regional Research, vol 24(1), 183-200.
- Gujarati, D. & Porter, D. 2011. *Econometria Básica - 5.Ed.* 920p. AMGH.
- Jacobs, J. 2000. *Morte e Vida das Grandes Cidades*. São Paulo: Martins Fontes.
- Leite, C. & Awad, J. C. M. 2012. *Cidades Sustentáveis Cidades Inteligentes: desenvolvimento sustentável num planeta urbano*. Porto Alegre: Ed. Bookman.
- Levien, M. 2013. Regimes of dispossession: from steel towns to special economic zones. Development and Change 44(2): 381-407.
- Lynch, K. 1960. *The image of the city*. Cambridge: The M.I.T. Press, 1960.

- Marins, K.R.C.C. 2014. *Comparação de estratégias e soluções de sustentabilidade aplicadas a bairros urbanos*. In: XV ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2014. Maceió. Anais... ANTAC: 3179 -3188.
- MIT – MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY. 2012. *Smart Cities Group. Smart City Vision*. Disponível em: <http://smartcities.media.mit.edu/>, acessado em 27 Jan 2013. CISB.
- Moser, S. 2010. *Putrajaya: Malaysia's new federal administrative capital*. *Cities: The International Journal of Urban Policy and Planning* 27(3):285–297.
- Munford, L. 1965. *A Cidade na História*. Belo Horizonte: Itatiaia.
- Nahas, M. I. P. & Cabanner, Y. 2015. *Indicadores de Sustentabilidade Urbana para regiões metropolitanas*. In: XVI Encontro Nacional ENANPUR. Espaço, planejamento e insurgências: alternativas contemporâneas para o desenvolvimento urbano e regional, 2015. Belo Horizonte. Anais...ANPUR:20p.
- NEW URBANISM. 2013. *Creating Livable Sustainable Communities*. <http://www.newurbanism.org/> - Disponível em 5 de Maio de 2015.
- Oliveira, M.M.J. 2014. *A metodologia Charrette Design no desenvolvimento do Empreendimento Pedra Branca SC*. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Carlos, 2014, 222p.
- Percival, T. & Waley, P. 2012. *Articulating intra-asian urbanism: the production of satellite cities in Phnom Penh*. *Urban Studies* 49(13), 2012, pp. 2873–2888.
- Ramaswami, A. ; Russel, A.G.; Culligan, P.J.; Sharma, K.R. & KUMAR, E. 2016 *Meta-principles for developing smart, sustainable, and healthy cities*. *Science*: Vol. 352, Issue 6288, pp. 940-943.
- Ribeiro, F.P. 2009. *Do Discurso da Diversidade Urbana à cidade mercadoria: Um estudo sobre as idéias do New Urbanism e sua transferência para o empreendimento Pedra Branca em Palhoça/SC*. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade de Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009, 195p.
- Ribeiro, F. P. 2011. *Matriz Urbana neoliberal e as demandas ambientais: uma discussão em torno do aglomerado urbano de Florianópolis*. In: XIV ENCONTRO NACIONAL DA ANPUR, 2011. Rio de Janeiro. Anais...: ANPUR 2011. p.20
- Santos, M. 1989 - *Manual de Geografia Urbana*. São Paulo: Huicitec.
- SÃO PAULO, 2010. Decreto Nº 51.277 de 04 de fevereiro de 2010- Regulamenta a emissão e demais características dos Certificados de Potencial Adicional de Construção – Disponível em: http://www3.prefeitura.sp.gov.br/cadlem/secretarias/negocios_juridicos/cadlem/integra.asp?alt=05022010D%20512770000.
- BRASIL. Constituição. 1988. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico
- Shen, Li-Yin; Ochoa, J. J; Shah, M.N. & ZHANG, X. 2011. *The application of urban sustainability indicators - A comparison between various practices*. *Habitat International Journal*. Vol. 35(1): 17-29
- Silva, M. D. & AVILA, G.M. 2014. *Bairro Sustentável: Uma alternativa sustentável ou estratégia de marketing?* *Cidades Verdes*, v.02, n.02, 2014, pp. 43-59.
- SMART CITIES CONCIL . 2013. *Welcome to the smart cities council – Índia*. [Online] Available at: <http://smartcitiescouncil.com/india> (Disponível:29 de Maio de 2016).
- SMART GROWTH NETWORK. *This is smart growth*. Disponível em: http://www.smartgrowthonlineaudio.org/pdf/TISG_2006_8-5x11.pdf, acessado em 12 Jan 2013.
- Stewart, C.W. & Kuska, S. 2011. *Sustainometrics SM. Measuring Sustainability. Design, Planning and Public Administration for Sustainable Living*. Östberg Library of Design Management, Greenway Communications. ISBN: 978-0-9846136-5-6. 2011.
- Talen, E. & Ellis, C. 2002. *Beyond relativism: Reclaiming the search for good city form*. *Journal of Planning Education and Research*, 22(1): 36-49.
- Talen, E. 2003. *Urbanism in America: Ideals, Connections and Conflicts*. Chicago, University of Illinois, Urbana-Champaign.
- United Nations. 2016. *Urbanization and Development: Emerging Futures*. World Cities Report 2016. UN – Habitat. Nairobi.
- Watson, V. 2014. *African urban fantasies: dreams or nightmares?* *Environment and Urbanization* 26, 2014, pp. 215–231
- Weiland, U. 2006. *Sustainability Indicators and Sustainable Development*. In: Wuyi, W., Krafft, T., Kraas, F.: *Global Change, Urbanization and Health*. China Meteorological Press, Beijing, pp. 241 – 250.
- Wheeler, S. M. 2000. *Planning for metropolitan sustainability*. *Journal of Planning Education and Research*, Association of Collegiate Schools of Planning 20: 133-145.



Comparative Analysis of urban efficiency in medium-sized cities through Hidricidade indicators

Giovana Ulian

Biosplena Projetos Ecodinâmicos, Flores da Cunha (RS), Brasil.

giovana.ulian@terra.com.br

Miguel Pino Quilodrán

Biosplena Projetos Ecodinâmicos, Flores da Cunha (RS), Brasil.

miguelponi@gmail.com

ABSTRACT: Urban expansion and the strategies of planning policies in the urban area of the city are in conflict, so disjointed as they occur without practical tools for decision-making on the part of public managers. The traditional model is characterized by expansive growth that promotes a more costly and less efficient city. The Hidricidade indicators focused on efficiency urban are tools for assessing the growth of cities based on their water balance. The purpose of this article is to make a comparative analysis of the application of these indicators in some medium-sized cities in order to test the method and conclusions on urban expansion strategies evaluated in each city. The results show that medium-sized cities analyzed grow unsustainably, specifying revise their expansion strategies and monitor this growth, since by its size still have reversibility conditions.

Keywords *Hidricidade Indicators –Urban Efficiency –Urban Sprawl – Water –Urban form.*

1. INTRODUCTION

The economic development of recent years has been characterized by inadvertent exploitation of natural resources occasioning environmental degradation and climate change felt in many parts of the world. Such attitudes result in serious and irreversible consequences for future development. Therefore, concern is increasing among public managers where plans and initiatives must approach sustainable criteria and propose improvements in services of the city (Berardi 2013). According to the document *Panorama of Cities and Biodiversity*, the world population by 2050 will reach 9 billion, and 70% of them live in cities. Until then, with profound changes in land use processes, water, energy and other natural resources, the planet has suffered the largest and most rapid urban expansion of humanity, an irreversible trend of transformation to a predominantly urban world.

The planning of cities is a challenge increasingly vast and complex as it needs to suit the demands of the built city and new urban expansions without losing focus on balance with the ecosystem needs, landscape and natural processes, such as the urban water cycle. Urban spaces can be developed in order to maximize opportunities offered by the natural environment. That is important to focus attention to the extraordinary richness of urban biodiversity and its role in generating environmental services which populations depend for food, water and health. This means it is necessary to integrate the field of natural sciences to the field of humanities and social sciences in the context of urbanism, in which fits the connection between ecology and urban design (Andrade 2014).

However, there is still a tendency in the planning of cities to ignore the natural processes, an inability to realize opportunities, especially in the interactions between human activities and urban form, with natural processes. All essential chemical elements to life tend to circulate in the atmosphere in more or less cyclical characteristic ways, ranging model environment for the body and back to the atmosphere, known as biogeochemical cycles, such as the water cycle (Odum & Barrett 2007). Many scientific advances have been made on sectorial aspects of biodiversity, such as water resources, soils, biomes, etc. However, minors were the advances of research on the processes that structure and involving more variables, such as urban water cycles.

Similarly, there is little research that addresses usage patterns and land use in urban settlements and building forms adapted to the processes that shape the natural resources, such as the paths of water in the hydrological cycle, for example. When cities designs make "visible" these processes and their temporal cycles contribute to the connection between the past and even the future of uncertainty and in a way, for rooting people in place (Spirn 2011).

According to the report of the Worldwatch Institute, *State of the World 2013* (WWI 2013) it is necessary to establish a planetary boundary for freshwater resources to ensure that their flows to regenerate in the form of precipitation sustaining terrestrial ecosystems and ensure the availability of water to aquatic ecosystems.

Multidisciplinary has been sought for the decision making regarding urban design, driven by documents produced by international organizations, the possibility of mitigating environmental impacts, especially from the perspective of the urban water cycle. In many

parts of the developed world, designers and planners began to experiment these possibilities with new urban design standards and through some of his experiments, developed a body of knowledge about the possibilities of the cities are built and adapted to work differently (Hill 2009). As the urban population will continue to increase and putting more pressure on natural systems, planning and projects should be more comprehensive, being forced to take into account the complex interactions of natural processes in urban systems. For French (2014), when addressing the design and urban infrastructure management in a more holistic way, that can take advantage of the synergies that exist between the natural and the built environment creating more sustainable infrastructure solutions. To create infrastructure systems operating within resources and assimilative capacity that nature provides, one must consider the infrastructure systems holistically and identify where the inputs and outputs of each system are likely to impact the other system.

Therefore, to promote the urban development sensitive to water, it required an understanding of hydrological processes, the use and occupation of the soil, associated infrastructure, public management and other processes and associated variables. We must understand the real limits and support capability related to the use of urban land. Urban growth should adapt to the sustainability requirements in order to ensure the survival of future generations. Thus, it is necessary to identify variables that allow understand these processes and link them so that it is possible to obtain a diagnosis. From this, it is possible to define strategies and intervention measures, allowing to predict future scenarios and to guide preventive actions.

In order to assess the changes to improve urban performance indicator sets, frameworks and assessment tools have been developed. Urban sustainability indicators are crucial to assist in goal setting, performance evaluations and facilitate communication between social and urban managers (Brandon & Lombardi 2011).

This article presents eight "Hidricidade" indicators, which assess issues related to urban efficiency in medium-sized cities. The word "Hidricidade" is a Portuguese acronym created for adjectives the variables of the research, i.e., involves aspects of water resources (Hidro), city (cidade) and sustainability (sustentabilidade).

A comparison of the application of the methodology will be presented between the cities of Caxias do Sul in Brazil and Cuenca in Ecuador. These cities were chosen because they have similar characteristics both represent joint centers in their regions and in water management to be municipal responsibility, are Latin American cities that have a strong management evolved regarding water management. According Cimes (1999) averages cities articulate the territory and serve as reference centers for a territory, more or less immediately.

2. INDICATORS

Despite the apparent popularity of using sustainable development indicators, its definition remains very general; however, the absence of a less general definition for universal sustainable development originated various interpretations and a large number of types of indicators (Tanguay et al. 2010).

The city lacks indicators to transversal analysis, as well as describing the assessment of the city in areas such as water management and its territory. Based on this, this research was used eight indicators that aim to measure the Urban Efficiency. Overall, these indicators seek quantify aspects concerning the operation of the city, especially in terms of water management and urban use, as can be seen in the list presented in Table 1. From the calculation of these indicators, using two case studies, it is to analyze how land use, distribution of residences and people with consequent urban sprawl relate to sanitation infrastructure, i.e., the use water in its urban cycle.

The calculation process of each indicator was developed from literature review that allowed compiling a series of indicators that associate the proposed variables, deciding criteria that would allow prioritizing the definition of the following indicators: population density (*Dpop*) is the most frequent in the literature and its application is very common; Residential density (*Dres*) aims to quantify the ratio of the number of homes and land area, from which it is possible to analyze the efficiency of urban functions in the attendance of the population. Water network extension by connection (*Iexa*), extension water network by land area (*Iextr*) and extension of the sewage network by connections (*Iexe*) are indicators that measure the distribution infrastructure in the territory; i.e., the density of water and sewer pipes associated with the public service provided to the population. The indicator numbers of economies by land area (*Iecot*) represent the number - quantity - water collection accounts by land area. The indicator soil sealing (*Iimp*) is a measure of the ratio between the sealed soil area and land area, allowing analysis of the constructed space.

Table 1. "Hidricidade" Indicators – Group Urban Efficiency. Source: Own elaboration

Group	Identifier	Indicator	Initials	Unit
	I-1	Population density	<i>Dpop</i>	hab/ha
	I-2	Residential density	<i>Dres</i>	resid/ha
	I-3	Urban spot design	<i>Iforma</i>	%
Urban	I-4	Water network extension by connection*	<i>Iexa</i>	m/ligação
Efficiency	I-5	Extension water network by land area	<i>Iextr</i>	m/ha
	I-6	Number of economies by land area**	<i>Iecot</i>	econ/ha
	I-7	Extension of the sewage network by connections	<i>Iexe</i>	m/ligação
	I-8	Soil sealing	<i>Iimp</i>	%

* When it comes to water connections are referring to any link between the main water supply to the land where the building is. A ground whose construction is a multi-family building has only one connecting water or sewage.

**When it comes to economy it is referring to all land- use units. A residence, a commercial, an industry, each of these is an economy.

These indicators are intuitive to use, the opposite to the design of urban sprawl (*Iforma*), which was the target of a wide range of analysis and studies; the aim being to evaluate the shape of the urban sprawl and growth trends. Restlessness that cities cannot move indefinitely on its natural environment has been a constant during this search. To derive the equation computation of the indicator, it was necessary real case studies that, by observing its urban development, have created an expression for its calculation.

2.1 Benchmarking and evaluation through abacuses

Before calculating the indicators for each city object of this research, it is necessary to find parameters, also known as best practices and standard practices (benchmarking), to allow comparison of results giving subsidies to the decision-making process regarding the urban management (Matthew & Braganza 2009). It is considered best practice great goal that a municipality could reach or exceed to be considered effective as the indicator in question. The conventional practice is the minimum level that regulations, standards and laws should contain as limits on the measured aspects. Table 2 presents the values for best practices and conventional practices used in this process on the urban efficiency indicators (Ulian 2015).

Table 2. Values adopted for Best practice and Conventional practice

Source: Own elaboration.

Group	Identifier	Initials	Unit	Best practice	Conventional practice
Urban Efficiency	I-1	<i>Dpop</i>	hab/ha	135	43
	I-2	<i>Dres</i>	resid/ha	85	14
	I-3	<i>Iforma</i>	%	70	37
	I-4	<i>Iexa</i>	m/ligação	9.4	20.5
	I-5	<i>Iextr</i>	m/ha	158.7	139.7
	I-6	<i>Iecot</i>	econ/ha	51.6	17.2
	I-7	<i>Iexe</i>	m/ligação	9.4	15.4
	I-8	<i>Iimp</i>	%	70	50

The benchmarking was obtained by analyzing the SNIS database (Information System on Sanitation) administered by the Brazilian federal government. When it was not possible to obtain information on Brazilian cities were also sought data on foreign cities of recognized environmental management.

The comparison between the obtained indicators and benchmarks becomes complex as it is necessary to simultaneously impart eight numeric values, for which is used the representation of indicators according abacus, similarly to what can be done in the definition of scenarios concerning water management (Gallopín 2012); taking to the evaluation process an abacus that has all of the proposed indicators of urban efficiency, there is no need to standardize the scales, although this could be done. From this abacus it is possible to draw conclusions, visually. Figure 1 shows the corresponding abacus the benchmarks, which should be compared with the abacus city to be evaluated.

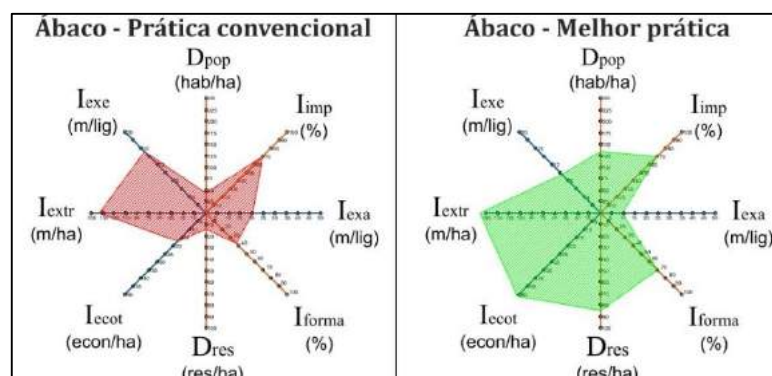


Figure 1. Abaci benchmarking for best practice and conventional practice.

Source: Own elaboration.

3. ASSESSMENT OF DIAGNOSTIC APPLICATION OF URBAN EFFICIENCY IN CAXIAS DO SUL AND CUENCA

3.1 Presentation of Caxias do Sul, Brazil

Caxias do Sul is located in the northeast region of Rio Grande do Sul state in southern Brazil being the second largest city in the state. It has a population of 435,482 inhabitants, of which only 3.7% live in rural areas (IBGE 2010). With a land area of 1,644 square kilometers, has only 744 square kilometers (45%) belong to the rural area. It is located in two river basins, 53% in the basin of the Taquari and Antas rivers and 47% in Caí River basin, as presented in Figure 2. It has an average elevation of 780 meters and average rainfall of 2,000 mm / year. In 1963, initiated the use of studies of the new source, the Maestra stream. Other systems were developed later: Dalbo, Faxinal, and more recently Marrecas. Currently all these systems are in operation. There are studies to two sources, the streams of and Piaí and Sepultura, all further away from the urban area. The Caxias do Sul water is obtained 98% of surface, made by damming streams in small flow.

3.2 Presentation of Cuenca, Ecuador

Cuenca is located in the southeastern region of Azuay Province, southern Ecuador being the third largest city in the country. It has a population of 505,585 inhabitants, 329,928 of these are in urban areas. It has an area of 66.71 square kilometers with altitude ranging between 2,350 and 2,550 meters. The water supply from Cuenca comes to El Cajas National Park, located at an altitude between 3,152 and 4,445 meters, with annual rainfall 1,000-2,000 mm per year. Of total rainfall, it is estimated that 64% returns to the atmosphere by evapotranspiration and only 36% supporting ecosystems. Of these 36% about 35% are used for human needs. The hydrological network in the urban area consists of four river basins: the Tomebamba, Machángara, Yanuncay and Tarqui, according to Figure 3. All have steep slopes and small concentration of times, increasing risks of flooding in the lower parts of city. These features are common in places with interference of the Andes formation (Godoy 2016).

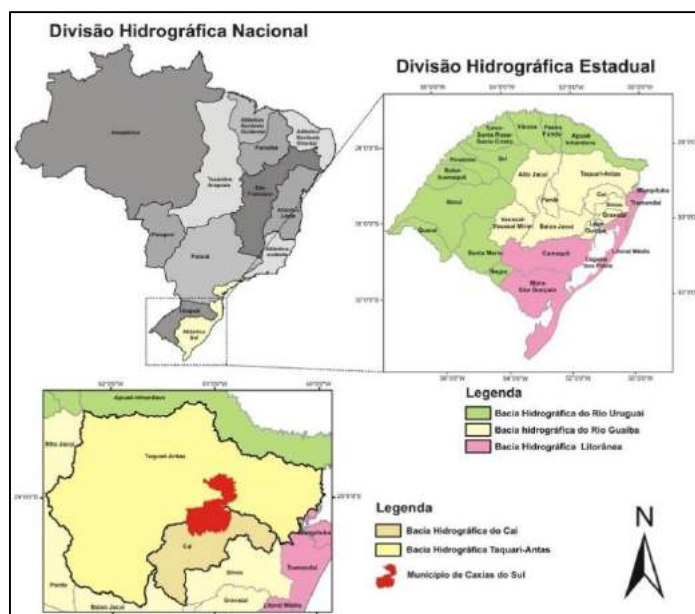


Figure 2. Location of Caxias do Sul in national land local hydrographic divisions.

Source: Own elaboration.

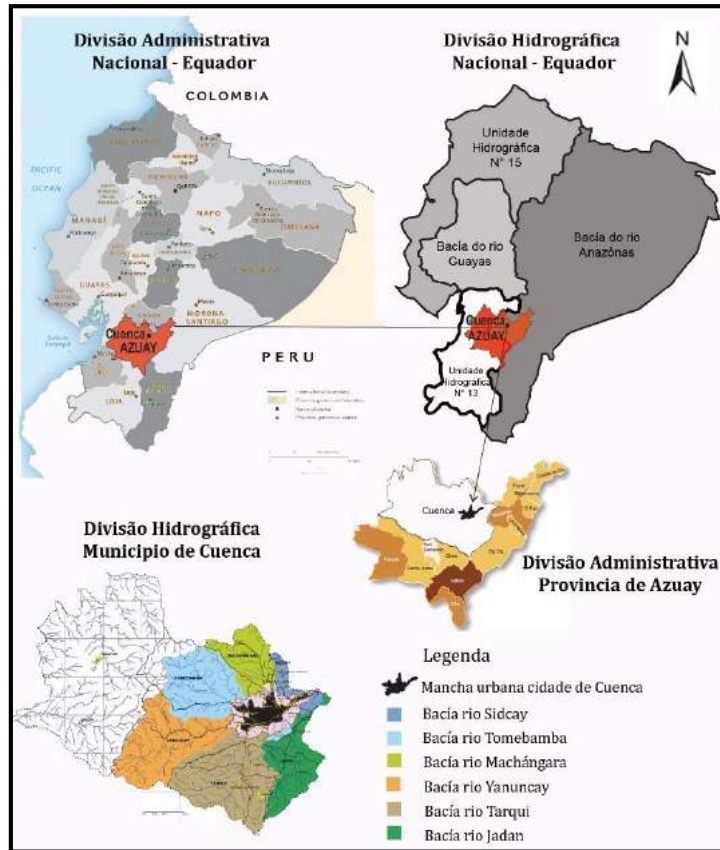


Figure 3. Location of Cuenca – Ecuador, in national land local hydrographic divisions.
 Source: Own elaboration based on Godoy (2016).

3.3 Analysis and discussion of results

Calculate indicators for two similar cities allowed an assessment of the method and also analyze not converging aspects of cities. The creation of indicator systems is estimated that some trends are obvious, but the observation demonstrates the contrary. Were calculated indicators for Caxias do Sul and Cuenca, according to that shown in Table 3.

Table 3. Calculation of Urban Efficiency Indicators Caxias do Sul/Brazil – Cuenca/ Ecuador.
 Source: Own elaboration.

Group	Identifier	Initials	Unit	Calculated values	
				Caxias Do Sul	Cuenca
Urban Efficiency	I-1	<i>Dpop</i>	hab/ha	46.08	36.01
	I-2	<i>Dres</i>	resid/ha	22.6	9.42
	I-3	<i>Iforma</i>	%	35.91	21.94
	I-4	<i>Iexa</i>	m/ligação	12.11	10.66
	I-5	<i>Iextr</i>	m/ha	173.15	129.11
	I-6	<i>Iecot</i>	econ/ha	20.74	13.07
	I-7	<i>Iexa</i>	m/ligação	14.24	11.63
	I-8	<i>Iimp</i>	%	50	68.2

The indicator population density for Caxias do Sul is equal to 46.08 inhabitants / ha, lying much closer to the conventional practice (43 inhabitants / ha) than the best practice (135 inhabitants / ha). In Cuenca the calculated indicator is further below with conventional practice a value of 36.01 hab / ha. The indicator for the residential density presents a

similar result, with 22.6 resid / ha to Caxias do Sul - close to the conventional - and 9.42 resid / ha to Cuenca - below the conventional practice. Figure 4 shows the result of applying indicators in the form of abacus. It can be concluded that urban expansion of Caxias do Sul and Cuenca should also seek to increase their densities, before promoting new urban expansions, which correspond to the approach of their abacuses to best practices. To aggregate and qualify this conclusion, it is also noted the design of urban sprawl both cases studied in comparison with the circular form of the originally proposed model.

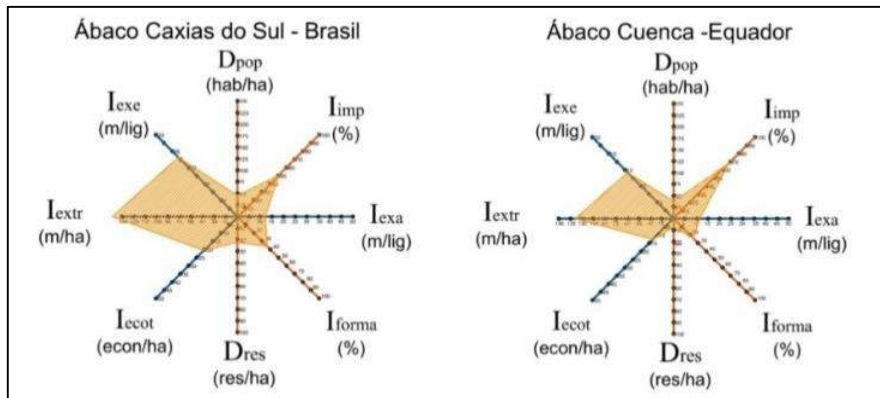


Figure 4. Benchmarking Abacuses with Efficiency indicators for Caxias do Sul - Brazil and Cuenca - Ecuador. Source: Own elaboration.

Figure 5 shows the images used to calculate the index form, referring to the urban area of Caxias do Sul and Cuenca. The best practice for *Iforma* is 70% while for Caxias do Sul this index was calculated at 36% and even worse for Cuenca, with 22%. Additionally, analyzing Figure 5 is possible to conclude that Caxias do Sul has a footprint out of the circular shape equal to 37% of its total area (Amancha), while Cuenca is 34%. This result confirms the conclusions drawn from the first indicators already analyzed.

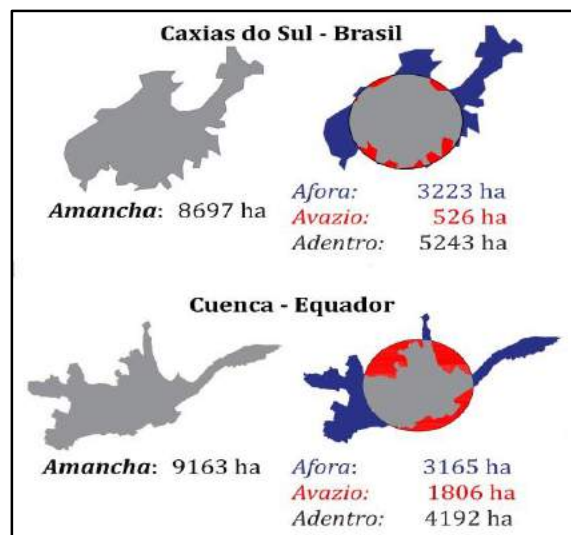


Figure 5. Application of *Iforma* Indicator in Caxias do Sul - Brasil and Cuenca - Ecuador. Source: Own elaboration.

The indicators relating to the distribution of basic sanitation infrastructure show minor discrepancies with respect to the reference: The *Iexa* shows up best in Cuenca than Caxias do Sul, where it gets more people with less piping. The *Iextr* measures the density of pipes

in the territory, where Caxias do Sul has a much better result than Cuenca, the latter with values even below the conventional practice. The *Iecot* presents many economies occur in the territory where the results for both cities are unfavorable, with Caxias do Sul just above the conventional practice and Cuenca below this, demonstrating once again the need to increase density. The *Iexe* and *Iexa* indicators show how many people are served per meter pipe for sewer, where both values were superior to the conventional practice, with Caxias do Sul closer to best practice than Cuenca. These indicators together show that the infrastructure relating to the definitions could be better planned, so that more people could be served with clean water, with a smaller investment in sanitation infrastructure. The *Iimp* has to Caxias do Sul one exactly equal to the conventional practice while Cuenca is very close to best practice, it being understood that the increase in density brings the effect of increasing soil sealing considering how best to practice a higher percentage than the conventional practice, due probably to possess Cuenca impermeable spaces than necessary, since the majority of other indicators have shown that the values for Cuenca are far from the best practices that Caxias do Sul.

It is noticed that the shape of the abacuses of Caxias do Sul and Cuenca is very similar, but Cuenca generally showed worse results than the first. Both cities need to review their sanitation facilities, as well as on issues of density and distribution homes in the territory.

4. CONCLUSIONS

Indicators of "Hidricidade - Urban Efficiency" are practical and relatively simple tools that allow for balanced growth analysis of cities. The diagnostic evaluation of Urban Efficiency through "Hidricidade" indicators in the Caxias do Sul city compared to Cuenca, allowed to establish some existing weaknesses with regard to the management of urban sprawl and water management. Sought are two similar cities to make the comparison, however further analysis is needed to draw conclusions about the two cities and it is up to the application of other indicators proposed in the larger study. It is also suggested to propose new indicators, focused on the specific problems of each place, in this case requiring new benchmarks. The results suggest the need to increase the density and occupy more territory already urbanized. It is noticed that there is still room for growing population, so the urban sprawl should be avoided.

REFERENCES

- Andrade, L. M. S. 2014. *Conexões dos Padrões Espaciais dos Ecossistemas Urbanos: procedimentos metodológicos com enfoque transdisciplinar para o processo de desenho urbano sensível à água englobando o subsistema da comunidade e o suprassistema da paisagem*. Thesis PhD in Architecture and Urbanism. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília - DF.
- Berardi, U. 2013. Clarifying the new interpretations of the concept of sustainable building, *Sustainable Cities and Society* 8: 72-78.
- Brandon, P. S. & Lombardi, P. 2011. Evaluating sustainable development in the built environment, *Wiley-Blackwell, Oxford*: 73-87.
- CIMES (Org.). *Ciudades Intermedias y Urbanización Mundial*. Ajuntament de Lleida, UNESCO, UIA, Ministerio de Asuntos Exteriores. Lleida, Spain. 1999.
- French, S. P. 2014. Designing more sustainable cities by integrating infrastructure systems. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, V 191. In <www.witpress.com>. Access in: March 2013.
- Gallopín, G. C. 2012. *Five Stylized Scenarios*. Global Water Futures 2050. UNESCO United Nation World water assessment Program, WWDR4.

- Godoy, J. D. 2016. *Harvesting rainwater households a strategy in short term to improve the current water metabolism in Cuenca, Ecuador*. Resurbe II - International Conference on Urban and Regional Resilience – Empowering Local Communities for Local Action. Cuenca, Ecuador.
- Hill, K. 2009. Urban Design and Urban Water ecosystems. *The Water Environment of Cities*. Springer. 141-170.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. Aglomerados subnormais. Censo Demográfico. Rio de Janeiro - RJ. In <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/aglomerados_subnormais/>. Access in: March 2013.
- Odum, E. P. & Barret, G. W. 2007. *Fundamentos de Ecologia*. Translation of the 5th American edition. Cengage Learning. São Paulo – SP.
- Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. In <<http://www.snis.gov.br/>>. Access in: March 2013.
- Spirn, A. 2011. *Ecological urbanism: A framework for the design of resilient cities*. Massachusetts, United States.
- Tanguay, G.A. et al. 2010. Measuring the sustainability of cities: An analysis of the use of local indicators. *Journal Ecological Indicators* 10: 407–418.
- Ulian, G. 2015. *Avaliação Diagnóstica para a Gestão Urbana através de indicadores de "Hidricidade"*. Thesis PhD in Architecture and Urbanism. Facultad de Arquitectura, Construcción y Diseño, Universidad del Bío-Bío. Concepción, Chile.
- Ulian, G. et al. 2015. *Indicadores de "Hidricidade" como ferramenta de avaliação da eficiência urbana*. In: EuroElecs. 2015 Latin American and European conference on sustainable buildings and communities, 2015, Guimarães. Connecting People and Ideas – Proceedings of EURO ELECS 2015. (2):1181- 1190.
- WWI. Worldwacth Institute. 2013. *O Estado do Mundo 2013. A sustentabilidade ainda é possível?* Organização: Erik Assadourian e Tom Prugh. Editora UMA – Universidade Livre da Mata Atlântica - Salvador, BA.



Mapeamento temático e suas aplicações no planejamento urbano sustentável

Ricardo Henrique Reginato Quevedo Melo

Universidade de Passo Fundo, Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental, Passo Fundo (RS), Brasil
ricardohquevedo@gmail.com

Evanisa Fatima Reginato Quevedo Melo

Universidade de Passo Fundo, Departamento de Engenharia Ambiental e Pesquisa, Passo Fundo (RS), Brasil
evanisa9@gmail.com

Rodrigo Henrique Reginato Quevedo Melo

Universidade de Passo Fundo, Engenharia Civil, Passo Fundo (RS), Brasil
rodrigohquevedo@gmail.com

Francisco Gerhardt Magro

Universidade de Passo Fundo, Mestre em Engenharia Civil e Ambiental, Passo Fundo (RS), Brasil
chicomagro2@hotmail.com

RESUMO: A análise de mapas para a realização do planejamento urbano, é um processo comum no âmbito de metodologias, entretanto a abordagem de mapas temáticos contendo dados de SIG para propor o planejamento urbano sustentável é uma ferramenta considerada mais atualizada, sendo assim o tema de enfoque deste artigo. O qual através do uso do SIG e estudo de planejamentos pré-existentes, propõe realizar uma comparação entre os mapas atuais, realizados neste trabalho e os mapas já existentes com os mapas de resultados futuros, desta forma possibilitando a sobreposição para o estudo e assim propor uma serie de análises. Entre os estudos a serem realizados, a verificação das consequências nas modificações do paisagismo urbano e a observação dos impactos nos andamentos das construções propostas nos planos anteriores com metas futuras é uma das respostas obtidas.

Palavras chave Planejamento urbano, Consequências do Paisagismo Urbano, Comunidades sustentáveis, SIG, Análise de mapas

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, podemos ver dia após dia grandes empresas como a Wendy's (Mohana Ravindranath, 2014) e a Walgreens (ESRI, 2015) fazendo uso do mapeamento temático no planejamento estratégico de suas lojas. Então fica o questionamento dos motivos pelos quais as cidades promovem o mapeamento temático para propor e verificar o planejamento urbano e ainda com a análise dos dados geográficos possa implantada levando em consideração a sustentabilidade.

Essa é uma ferramenta que está ganhando maiores potencialidades com o aumento de estudos e técnicas, pois segundo Romero et al. (2005) a escassez dos estudos atualizados e sistematizados e a necessidade de criação de um sistema de indicadores que respondam a essas demandas de características mais locais, voltadas para o planejamento e para projetos urbanos. Uma vez que uma alternativa para realizar bons estudos de planejamento urbano e torna-los sustentáveis, é através do uso de imagens de satélite da cidade que venham a permitir aos pesquisadores observar pontos de estudo específicos e com a análise específica do entorno, somado com informações locais, seja possível justificar as razões das construções existirem nos locais em que se encontram. Portanto, o uso do SIG, com a análise integrada das ciclovias, gera produtos finais, destacados por mapas e gráficos que auxiliam o planejamento urbano, como uma ferramenta eficaz para possibilitar aos gestores públicos e privados uma visão integrada e que possibilite a análise de cenários em caráter multitemporal sobre os municípios, além de auxiliar nas escolhas e justificativas de decisões, otimizando tempo e recursos.

Sendo o objetivo desse trabalho trazer a tona para a discussão em conjunto com a proposição do uso do mapeamento temático, justificar as ações e intervenções propostas por planos que abrangem o planejamento urbano sustentável.

1.1 Metodologia e etapas da pesquisa

A execução metodológica desta pesquisa é conduzida em duas fases e posteriormente uma etapa de discussão de resultados, onde o primeiro momento consiste na aquisição de dados para possibilitar a execução e discussão dos mapas, enquanto que a segunda etapa é a geração dos mapas no software ArcGIS com os dados obtidos na primeira fase. Desta forma é pré-estabelecido o estudo do plano de mobilidade da cidade de Passo Fundo, RS - Brasil, onde foi realizado a análise das ciclovias.

Para a realização da primeira etapa, entrou-se em contato com a prefeitura municipal de Passo Fundo - RS, para obter o plano de mobilidade, o qual contem os mapas de implantações previstas para estarem concluídas em 2016 e 2024.

Portanto, com o auxílio do mapa do plano de mobilidade, foi realizada a verificação das construções previstas para 2016 e para 2024. Assim foram executadas os três momentos de investigação:

- Investigação via streetview - Ferramenta do Google Earth;
- Investigação in-loco - trafegava-se pela cidade nos locais indicados como 1º fase de implantação para fazer o levantamento de campo;
- Investigação através de questionamento ao setor de planejamento da prefeitura.

Uma vez computadas as informações a respeito das construções cicloviárias existentes em 2016, foi necessário encontrar informações que fossem úteis para justificar a existência das mesmas, nas localidades em que são propostas.

Portanto foi obtido informações referentes a densidade demográfica, índices socioeconômicos e topografia dos locais de implantação. Assim, tornou-se possível alimentar o software ArcGIS com informações georeferenciadas.

Finalizando a primeira etapa de pesquisa, juntou-se todos os dados no software e através de ferramentas de classificação, mapeamento, sobreposição e modelagem específica foi realizado os mapas de análise da ciclovia no contexto global da cidade e com a adição dos demais itens pesquisados, foi possível realizar um mapa temático atual e assim justificar e questionar as mudanças atuais e previstas, no âmbito urbanístico e de mobilidade.

2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uma vez que o trabalho consistiu na aquisição de diversos dados para a realização de mapas, a primeira etapa foi a obtenção e georeferenciamento do mapa planejado pelo plano de mobilidade de Passo Fundo, Figura 1.

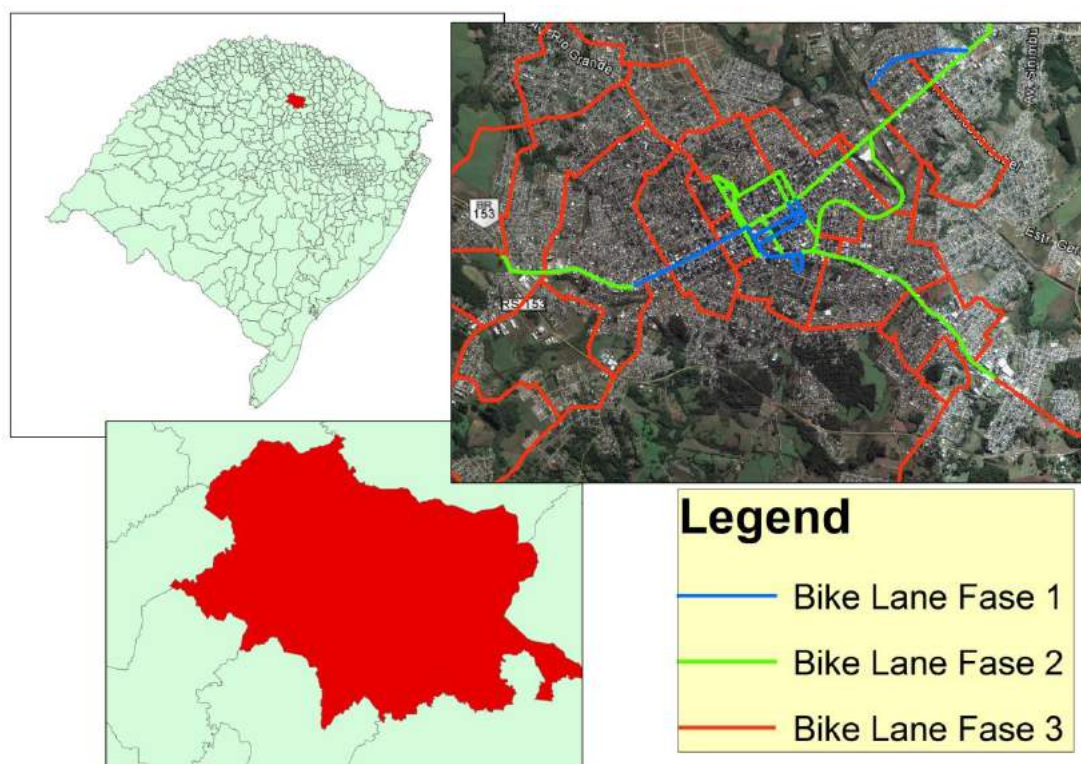


Figura 1. Localização das cicloviárias por fase de implantação, Fonte: Autor,2016.

Através da realização dos mapas, tornou-se possível analisar o momento atual com as demais etapas temporais propostas, bem como realizar uma análise do entorno para justificar ou criticar as escolhas de planejamento urbano e ainda verificar a possibilidade de chama-la de sustentável.

Assim, foi obtido o mapa atual da cidade de Passo Fundo - RS, com a demarcação da localização dos locais que já existem cicloviárias, Figura 2. Onde para a demarcação do

posicionamento da ciclovía atual foi questionado a prefeitura através de uma reunião com os representantes do planejamento urbano da cidade e posterior levantamento de dados em campo, onde além da consulta de locais foi trafegado pelos locais demonstrados na fase 1, figura 02, a fim de verificar todos os locais previstos para o término em 2016.

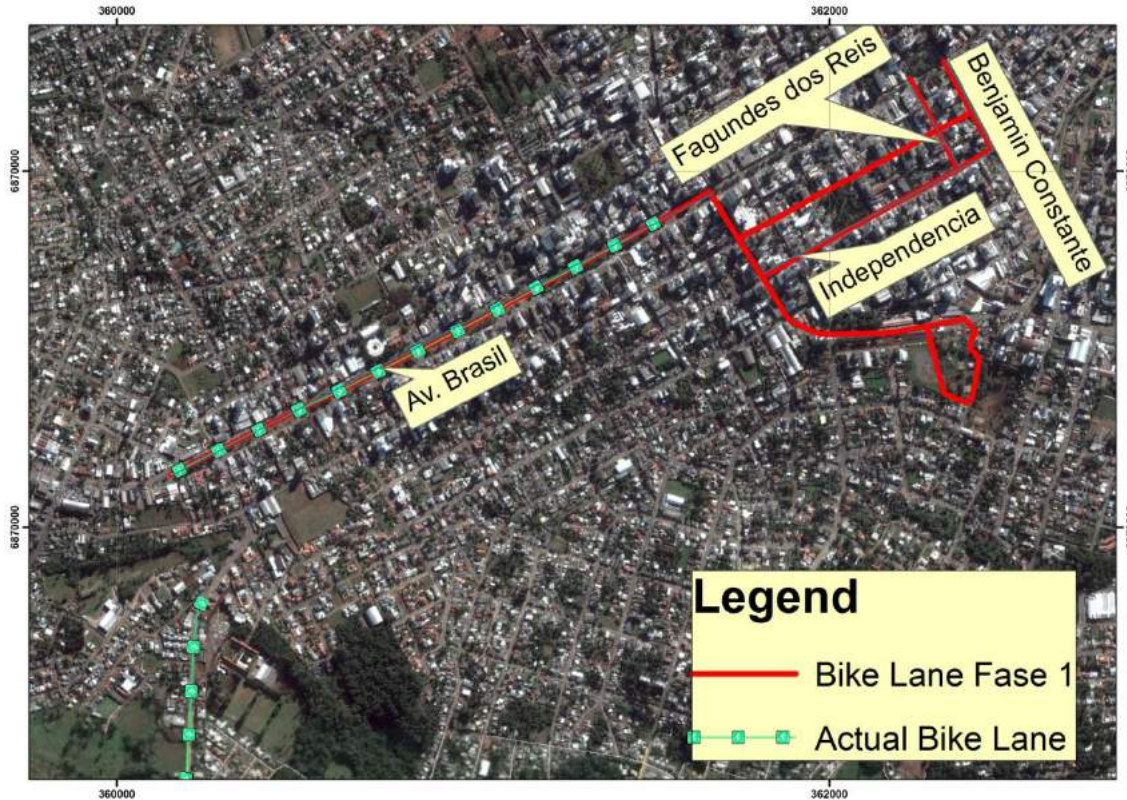


Figura 2 - Localização da ciclovía fase 1 e eixos preferenciais. Fonte: Autor.

Desta forma, obtivemos o mapa inicial de como está o ano de 2016, pois as construções começaram a ser realizadas em 2015, desta forma considerando o ano de 2014 como "Ano 0", onde a cidade não possuía nenhuma ciclovía.

Para possibilitar a análise multi-temporal, foi realizado o georeferenciamento dos dados da figura 01 e transpostos para a Figura 3, figura a qual está demonstrando os locais que serão implantados a ciclovía até 2024, segundo proposto no Plano de mobilidade (2014).



Figura 03 - Ciclovia na fase 3. Fonte: Autor 2016.

Portanto, temos o mapa previsto para 2024 com toda a extensão da ciclovia em conjunto com a ciclovia atual e a proposta para 2016. Mapa que permite questionar a motivação da construção de etapas da 3ª fase e não a construção das demais localidades previstos para ficarem prontos no final do ano de 2016.

Desta forma, é realizada uma análise multi-temporal sem conhecer o entorno, fato que é corrigido na Figura 4, onde apresenta-se a localização da maior densidade demográfica de Passo Fundo, a qual justifica o posicionamento das implantações previstas para a 1ª fase.

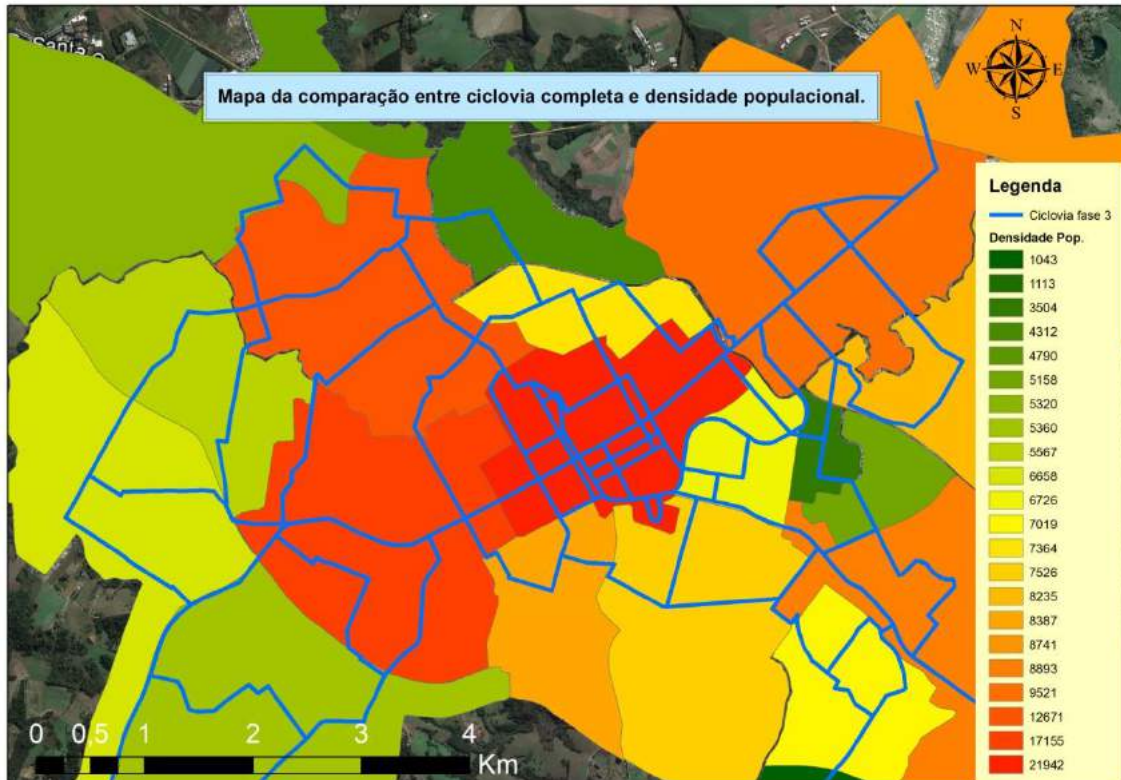


Figura 4 - Análise da densidade demográfica de Passo Fundo com ciclovias. Fonte Autor 2016.

Entretanto, ao analisar o levantamento de dados in-situ da 1ª fase, foi observado que existem algumas regiões com inclinações elevadas e em desacordo com as normas previstas para a construção de ciclovias, Figura 5- 8.



Figura 5 - Inclinação da rua Independência. Fonte: inclinação Google Earth Pro.

Rua Independência possui uma inclinação máxima de 10,8%.



Figura 6 - Inclinação da rua Fagundes dos Reis. Fonte: Google Earth Pro.

Rua Fagundes dos Reis possui uma inclinação máxima de 26,5%.



Figura 7 - Inclinação da rua Benjamin Constante. Fonte: Google Earth Pro.

Rua Benjamin Constante possui uma inclinação máxima de 17,9%.

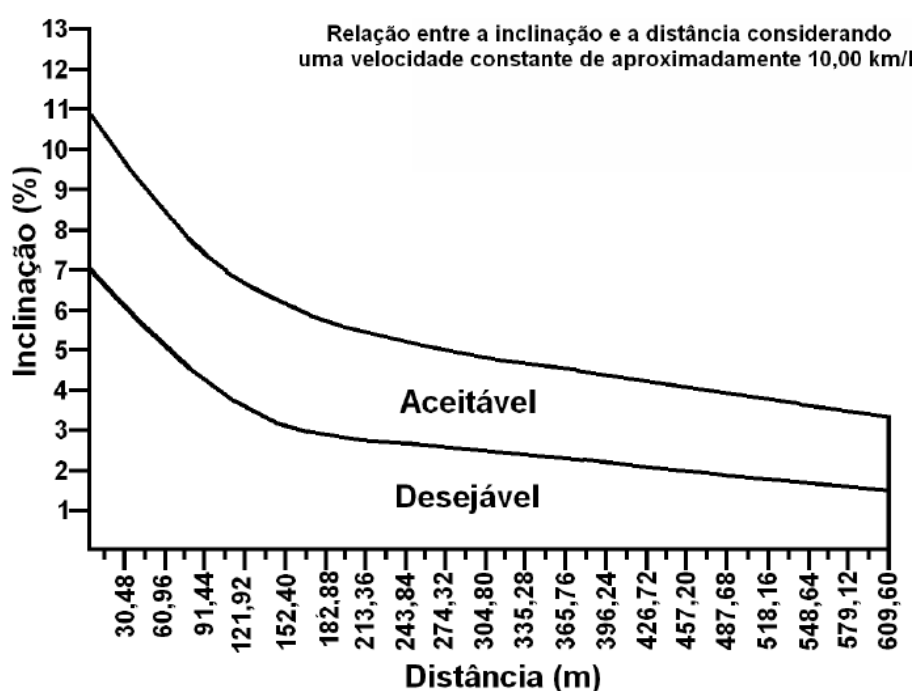


Figura 8 - Gráfico de limite de inclinações permitidos para ciclovias. Fonte: Riccardi (2010).

Assim, após realizar uma breve análise em locais com impossibilidades de execução, segundo a Figura 8, é questionado as razões para implantação em locais que pela teoria não podem conter as ciclovias. Bem como é enfatizado as razões para a implantação na Av. Brasil, pois ao mesmo tempo que é uma zona de poucas alterações na elevação, é a localidade em que esta concentrada o maior numero de pessoas da cidade e constitui o principal eixo viário da cidade. Com isso justificando também a futura implantação por toda a extensão da Av. Brasil.

3. CONCLUSÃO

Ao realizar o mapeamento multi-temporal e mapeamento temático de um mesmo item, no caso a ciclovias, foi possível realizar uma análise que justifica e ao mesmo tempo critica o posicionamento previsto para a ciclovias. Uma vez que com as análises no mapa temático foi possível argumentar e propiciar uma oportunidade de aprofundamento para que em

estudos futuros seja analisada toda a cidade como um todo em relação a influencia da ciclovias perante a cidade.

Enquanto que ao realizar a análise somente na "1ª Fase" de construção da ciclovias, já foram encontrados problemas técnicos que deveriam impedir o posicionamento das ciclovias nestas localidades, foi determinado que para poder realizar um aprofundamento nos estudos dos mapas das ciclovias, é necessário a multi-temporal em conjunto com mapas temáticos, devendo realizar estudos futuros a fim de verificar a influencia das mudanças e dos impactos das construções que estão ocorrendo.

Portanto, conclui-se que são necessários estudos da aplicabilidade das ciclovias nas localidades onde estão sendo construídas, bem como a verificação em toda a rede proposta da possibilidade de execução e quais os impeditivos.

REFERÊNCIAS

- ESRI (Ed.). Walgreens: Learn how Walgreens uses a strategic geo-centric approach to think locationally.. 2015. Disponible on: <<http://video.esri.com/watch/4630/walgreens>>. Accessed in: 30 may 2016.
- Mohana Ravindranath . The Washington Post (Ed.). Wendy's uses mapping software from Calif. firm Esri to pick new locations. 2014. Disponible on: <https://www.washingtonpost.com/business/on-it/wendys-uses-software-from-calif-firm-esri-to-pick-new-locations/2014/08/16/e9e9086e-2235-11e4-86ca-6f03cbd15c1a_story.html>. Accessed in: 30 may 2016.
- Elaboração do Plano Diretor de Mobilidade de Passo Fundo. Passo Fundo: Prefeitura Municipal de Passo Fundo, 2014. 184 p.
- RICCARDI, José Cláudio da Rosa. Ciclovias e Ciclofaixas: Critérios para localização e implantação. 2010. 81 f. TCC (*Graduação*) - *Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul*, Porto Alegre, 2010.
- Romero, et. al. XI ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL, 2005, Salvador. Construindo um sistema de indicadores de sustentabilidade intra urbana. Anpur, 2005



Household Waste Management: a preliminary assessment of urban planning solutions

Ricardo Tierno

University of São Paulo, Department of Civil Engineering, São Paulo (SP), Brazil
rtierno@usp.br

Karin Regina de Casas Castro Marins

University of São Paulo, Department of Civil Engineering, São Paulo (SP), Brazil
karin.marins@usp.br

ABSTRACT: Currently, there are numerous challenges regarding the management of household waste. Since the city is an important pole of consumption of raw materials, it is also the main environment where most of the activities related to the management of this waste are performed. With new requirements resulting from the increased demand for services and infrastructure, urban planning should be directed to meet those needs. Primarily, urban planning should support the organization of the urban environment in accordance with its various features. This article aims to analyze and discuss the possibilities of including criteria for household waste management in urban policies. For this an urban area in the municipality of São Paulo, was adopted as a case study object in order to assess potential solutions related to the stages of household waste management. The analysis showed that there is a close connection between urban equipment and services directed to household waste management with the urban planning. Besides, the Strategic Plan and the Land Use Act of the Municipality of São Paulo leave gaps about strategies for spatial adequacy and provision of equipment for the management of household waste in areas of urban density, such as a lack of estimates of new ecopoints, sorting centers or modification of the collection system. The Building Standards Code, in turn, in its current version, also leaves gaps about the requirement of specific enclosures for waste storage in ordinary buildings, while does not define their size criteria.

Keywords *Urban planning, household waste management, urban policy, intersectionality, urban parameters, building parameters.*

1 INTRODUCTION

The intense generation of household waste is one of the great challenges in urban management today, demanding the fulfillment of a set of steps, where the coordination of urban public services, the supply of equipment and adequate urban infrastructure combined shows its importance. On the other hand, the management of household waste, regarding to storage, collection, transportation, treatment and disposal, have to be specific to the characteristics of each municipality.

According to Fresca (2007), one of the main reasons for the increase in waste generation is population growth and changes in consumer habits, which has led to levels of increased generation. The amount of waste generated can vary depending on many factors, but primarily due to population growth. Therefore, when there is a greater waste generation, proportionally, there is a greater demand for public facilities and waste management equipment, involving an entire legal and institutional framework to support the management.

In order to adapt the urban space to the conditions of household waste generation and management, it is important that urban planning is related to the demands of waste management stages (SOUZA and SOARES 2014).

Therefore, this implies a general understanding of the coverage and enforceability of the instruments that rule urban development, where these mechanisms should consider the urban space in an integrated approach. In this sense, Beatley (2011) reports that, over recent decades an increase in efforts to implement organic or natural models in the design of cities has been seen and, according to this author, cities are, in many ways, "similar to organisms, since they require input material for their survival and generators of wastes, forming an interconnected and complex metabolism".

Within this context, this article aims to analyze and discuss the possibilities of including in urban policy, criteria for the management of household waste. For that, an urban area in the municipality of São Paulo is used as a case study object, in order to assess potential solutions related to the generation of steps, storage, collection and transportation, processing, transshipment and disposal of Household Waste.

2 METHODOLOGY

The study was developed based on the analysis of technical characteristics described by norms, rules and operational procedures regarding the household waste management. The main instruments of urban planning of the city of São Paulo were also analyzed, highlighting the guidelines of population density for the defined study area.

Then an appeal to the Urban Cleaning Municipal Authority of the City of São Paulo (Amlurb) was performed, targeting the specific operating procedures of collection services, transportation, treatment and disposal of household waste in the relevant field. Lastly, the compliance of waste management stages within the study area was verified, through visits and surveys performed on site.

3 HOUSEHOLD WASTE MANAGEMENT

According to Tchobanoglous (1977) and Miller and Zveibil (2001), operationally, the Household Waste management system integrates the generation, storage, collection, transportation, transfer, treatment and final disposal steps of solid waste. Vilhena (2010) points out the following steps: "generation, segregation, storage, collection (conventional and selective), storage, transportation, and final disposal."

The generation of Household Waste is natural and inherent consequence of human activities, according to the still current development patterns. For Logarezzi (2004), this production is due to the consumption of goods and services. The conditioning is the stage that precedes the collection and is defined as the act of packaging the residues in plastic bags or in specific containers according to the collection and transport system (Leite, 2006). In the generation and conditioning activities, the citizen is involved directly, while in all other stages their involvement is indirect (LOGAREZZI, 2004).

According to Massukado (2004), in Brazil, the collection is mostly performed by the system "door to door", that is, the waste is collected at source, in each household. The collection team gathers the waste that are disposed along the way, placing it directly in the vehicle collection. In this model, also known as manual collection, the collector vehicle is obliged to pass through a set of routes, collecting the household waste in a local, linear and distributed way.

The transfer preprocessing (separation for reuse or recycling, for example) and/or treatment (composting), are further steps which can be performed in an urban environment, including the range of the neighborhood or district. According to Mansur and Monteiro (1991), transfer or transshipment stations are places where the collection vehicles unload their cargo in vehicles with greater capacity so that, later, it is transported to the final destination. For Vilhena (2010), the transshipment or transfer stations are intermediate points where the collected waste is transferred from the medium-sized vehicles, used in the collection, for larger vehicles. This infrastructure equipment is justified when there is a great distance to be traveled between the collection area and the waste disposal site, causing a reduction in productivity of the vehicles due to the idle time spent in commuting to the point of discharge and return to the sector. Therefore, in such case, the purpose of these stations is to reduce the time and transportation costs.

Monteiro and Zveibil (2001) define the treatment of household waste as a series of procedures that reduce the amount or the pollution potential of solid waste, by preventing the disposal of this waste in the environment or inappropriate site or turning them into inert or biologically stable materials.

In Brazil, the three usual disposal of waste forms are the illegal landfills, controlled areas and sanitary landfills. Among them, compared with the definitions and requirements of the National Solid Waste Policy, established by Federal Law No. 12,305, dated 02 August 2010, only sanitary landfill is considered an environmentally appropriate manner, the others will be extinct by 2014 in the country (BRAZIL, 2010).

In this regard, it appears that several stages of management of household waste are held in the urban environment. Thus, there is the need to develop strategies and solutions in

urban planning tools that support this management, especially in case of population density, since this factor will result in an increased amount of waste.

4 DIAGNOSIS OF THE APPLICATION OF THE URBAN PLANNING GUIDELINES AND HOUSEHOLD WASTE MANAGEMENT IN BELENZINHO DISTRICT, SÃO PAULO CITY

The study area is located in the Belenzinho neighborhood District of Belem Subprefecture of Mooca, East Zone of São Paulo (SP). The perimeter of the area includes Av. Celso Garcia, Av. Salim, then follows parallel the subway line that connects the east of the city with the center and finally follows the Bresser Street. The study covers an area of 188.5ha with a total population of 20,000 inhabitants (IBGE, 2010a). Figure 1 below shows the boundaries of the study area (red line) and its location relative to the city of São Paulo.

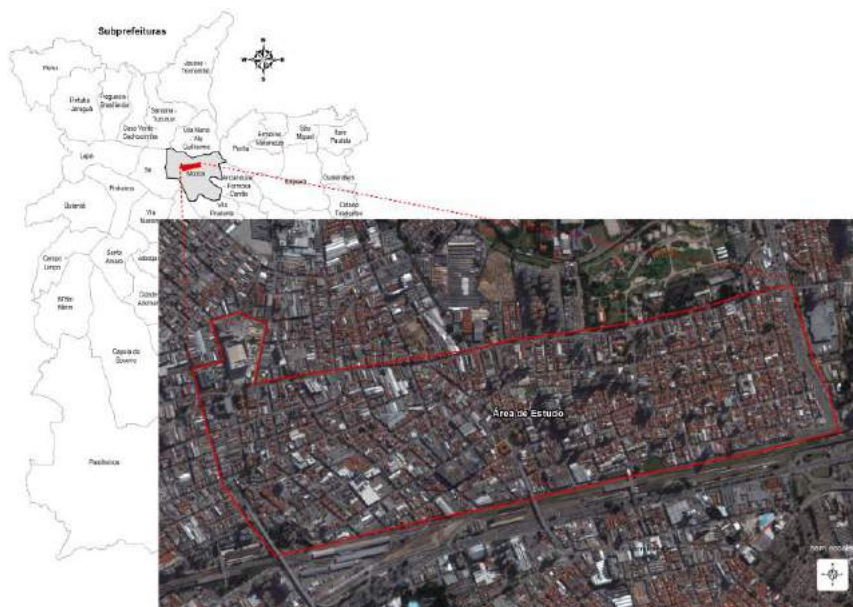


Figure 1 – Case study area: Belenzinho neighborhood, in Sao Paulo

Source: Authors (2016)

It is an urban area with a variety of land use. On the one hand, it includes many obsolete buildings, like old manufacturing facilities, which at present are in disuse (Figure 2). Moreover, due to its location next to the city center, and due high capacity urban transport availability in the region, the area in question goes through an accelerated process of real estate development and vertical integration. Currently, multi-family buildings of high standard as shown in Figure 3 below have already taken some blocks. Nevertheless, the region includes a large number of single-family residential properties in use, mainly in the area around Av. Salim Farah Maluf. The area also has road infrastructure already consolidated, with paved roads and in good storage conditions, predominantly classified as non-structural (SÃO PAULO, 2014, Paragraph 2.).

From the point of view of urban planning instruments, Belenzinho neighborhood is located in the Eastern Arc of the Metropolitan Structuring Macroarea, according to the São

Paulo Strategic Master Plan (PDE), established by the Municipal Law n° 16,050, of July 31, 2014 (SÃO PAULO, 2014). The sectors constitute territory levels for which there are specific goals of urban development, besides having strategic role in restructuring the municipality for having great potential for urban transformation.



Figure 2 - Obsolete buildings (Celso Garcia Avenue)

Source: Authors (2016)



Figure 3 - High standard multi-family buildings (Cotegipe Street)

Source: Authors (2016)

The Belenzinho neighborhood also participates of the existing and planned Urban Transformation Structuring Axes, which includes tracks of influence of the structural system of collective transport, crossing the macro areas (SÃO PAULO, 2014). These PDE directives lead to greater population density of the study area, evidently justifiable when considering the current population density (Figure 4) is low, compared to the availability of installed infrastructure and proximity to the central regions of the municipality.

Regarding the household waste management, according to Amlurb (2016), the region is served by the concession holder Environmental Logistics (Loga), contracted by the Municipality of São Paulo to carry out the home collection service (conventional and selective/differential) in the northwest grouping of the municipality, which includes the area of study. With respect to conventional collection, the study area includes two sectors collection with daily frequency and operation at night. In the selective collection, a single sector covers the study area and a few adjacent streets, are held every Wednesdays, during the day (AMLURB, 2016). In addition to collecting door to door the study area has two ecopoints, which are voluntary waste delivery sites. The first is located on Bresser Street and occupies an area on the side of the Viaduct Bresser, the second is in Arthur Mota Street, under the viaduct Guadalajara (SÃO PAULO, 2016b).

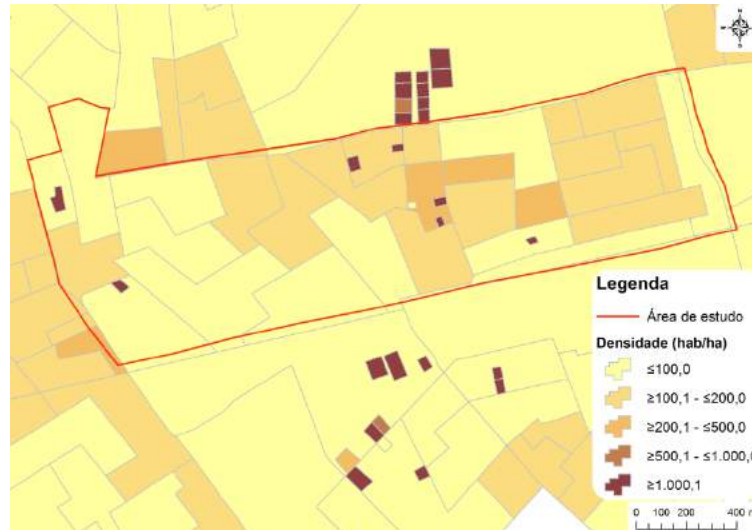


Figure 4 - Current Demographic density in the study area

Source: Authors, based on IBGE (2010b)

In conventional collection after gathering the waste these are transported by the collection truck to the Transshipment Ponte Pequena, located on State Avenue # 300, Bom Retiro neighborhood, Sao Paulo city, about 9 km away from the study area where are subsequently transferred to higher capacity equipment that will lead the residues to the sanitary landfill “Caieiras Solid Waste Treatment Center”, located at km 33 Bandeirantes Highway, approximately 28 km away from Transshipment Ponte Pequena (AMLURB, 2016).

In the selective collection, recyclable residues are sent directly to 21 waste pickers cooperatives associated with the City of São Paulo (AMLURB, 2016).

4.1 Diagnosis of potential solutions in urban planning for the household waste management in Belenzinho the district of São Paulo

The population density leads to a larger amount of generated waste, which needs to be administered in urban space. According to the Municipal Integrated Plan of Solid Waste of São Paulo (SAO PAULO, 2014b), in the North West group, which belongs to the study area, the per capita generation of waste is 1.23 kg / person per day. That is, every day, 24.6 tons of waste is generated in the study area, which must be properly conditioned during the period that elapses between collections, according to their physical characteristics of subsequently they are collected and transported to the correct locations of treatment and disposal.

Assuming a larger population density, which is foreseen in urban planning instruments of the City of São Paulo, the amount of waste to be managed in this urban area will certainly be greater, increasing systemically the need for equipment, infrastructure and appropriate services for the new generation standards.

In the packaging step, the enclosure for the waste conditioning is the urban equipment assigned to the management of household waste, which must be ruled through urban planning tools. In the conditioning step, the structure for packaging the waste is the urban equipment assigned to the household waste management which must be ruled through

urban planning tools. In the neighborhood of Belenzinho, there is a high number of multi-family residential buildings, where it is observed that the enclosures for the custody of household waste have different design characteristics, location and access. Some of these enclosures or rooms presents interferences, such as other urban equipment installed in the path, resulting in an obstruction to access the collection services, such as bus stops, trees and parked cars. From the point of view of regulation, the Building Standards Code of the City of São Paulo is the instrument responsible for regulating the design and construction of buildings, but does not provide specific guidelines for the construction of cover and standardization of these enclosures and rooms, according with the characteristics of solid generation in the respective projects (SÃO PAULO, 1992). The Law of the Sidewalks (SÃO PAULO, 2011), and the Parceling and Land Use Act (SÃO PAULO, 2016), which are the main setting instruments of urban road space also not explicit about the conditions for adjustment facing requirements or storage conditions or collection of household waste. In Figure 5 and Figure 6 some of these enclosures, their differences and obstructions can be seen.



Figure 5 - Enclosures of buildings for RD conditioning within the study area

Fonte: Source: Authors (2016)



Figure 6 - Enclosures of buildings for RD conditioning within the study area

Source: Authors (2016)

Regarding the domestic garbage collection, the largest generation of residues will certainly also affect the collection project. According to Carvalho (2001), "the collection project is dynamic and should be regularly monitored aiming observe whether there is variation of waste generation in each sector". Lastly, considered that operating sectors are sized based on the capacity of residues collection equipment, the population density will lead to the reduction of the perimeter of the collection sectors in each region and consecutively to increase the number of sectors because the region will have a greater amount of residues to be collected, increasing possibly the operating cost of the service

5 CONCLUSION

It is noted that there is a close connection between the urban infrastructure and services geared towards management of household waste with the planning of urban areas because all steps that waste will experience mandatorily happen within cities.

The PDE and the Parcelling and Land Use Act of the Municipality of São Paulo, despite being clear about the objectives of encouraging the population density near the mass transport routes, thus improving urban mobility at the same time, fail not presenting any strategies to the impacts of such densification in the management of household waste.

The Building Standards Code, in turn, has not been amended in accordance with the guidelines and objectives of the PDE and the Land Use Act yet. Its current version, however, leaves gaps to only establish the obligation of construction of these shelters in buildings for custody of household waste in the period that elapses between collections. This shelter must minimally have their space dimensioned according to the stage that precedes packaging, ie the generation, but this does not happen in current scaling. Moreover, aiming at a better use of waste regarding its different fractions, the shelter construction features must be integrated into the collection services performed in the

study area, requiring that they be designed and constructed to accommodate minimally waste for conventional and selective collection.

Finally, as the urban planning instruments establish the population density of the study area, as well as many other urban neighborhoods in São Paulo, the PDE should also indicate guidelines regarding the number of ecopoints increase in region and / or existing retraining, since both urban equipment for the voluntary delivery of waste to the effect of densification, will become insufficient.

In this case, the challenge is a new redistribution of ecopoints within the study area, following some specific criteria, since there is a cause and effect relationship between the urban parameters and the management of household waste in the study area.

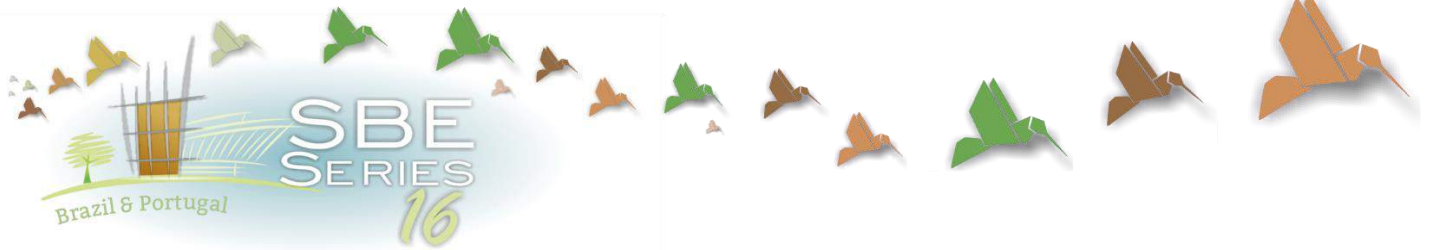
The first criterion to be followed would be the positioning of ecopoints. The urban equipment has a maximum radius of influence, as from a distance, due to excessive displacement, the generator will not lead over their waste to the same and, therefore, the planning process should be considered the location of equipment, establishing a maximum distance limit between ecopoints.

The second criterion to be observed by the urban planning instruments would be the equipment area, which should vary as a result of population density of the area of influence, where it is understood that the greater the number of people served by the location, the greater the need for usable area for packaging waste.

REFERENCES

- AMLURB. Municipal Authority of the City of São Paulo. *Carta Resposta PCC/011/EP/02032016 - Mapa de frequência de coleta domiciliar convencional e seletiva*. 2016.
- BEATLEY; T. *Biophilic Cities: Integrating nature into urban design and planning*. Washington (EU). 2011
- BRASIL. Lei Federal nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. *Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos*; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. *Diário Oficial* [da União], Brasília, 03 ago. 2010, p. 2. Available on: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Accessed: Apr., 10 of 2016.
- CARVALHO, L.E.X. *Desenvolvimento de solução integrada de sistemas de limpeza urbana em ambiente SIG*. Dissertation (Masters Degree in Transport Engineering), Rio de Janeiro-RJ, Federal University of Rio de Janeiro – UFRJ. 2001.
- FRÉSCA, F. R. C. *Estudo da Geração de Resíduos Sólidos Domiciliares no Município de São Carlos, SP, a partir da caracterização física*. 2007. 133 f. Dissertation (Masters Degree in Environmental Engineering), São Carlos-SP, University of São Paulo – USP. 2007.
- IBGE. Brazilian Institute of Geography and Statistics. *Censo Demográfico*. 2010a. Available on: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default.shtm>>. Accessed: May, 05 of 2016.
- IBGE. Brazilian Institute of Geography and Statistics. *Mapas dos Setores Censitários*. 2010b. Available on: <ftp://geofp.ibge.gov.br/mapas_estatisticos/censo_2010/mapas_de_setores_censitarios>. Accessed: May, 06 of 2016.
- LEITE, M. F. *A taxa de coleta dos resíduos sólidos domiciliares: Uma análise crítica*. 2006. 106 f. Dissertation (Masters Degree in Planning Measures and Operation of Transport Systems), São Carlos-SP, University of São Paulo – USP. 2006.
- LOGAREZZI, A. *Contribuições conceituais para o gerenciamento de resíduos sólidos e ações de educação ambiental*. In: LEAL, A. C. et al. *Resíduos sólidos no Pontal do Paranapanema*. Presidente Prudente: Antônio Thomaz Junior, 2004. p. 221-246.
- MANSUR, G. L.; MONTEIRO, J. H. R. P. IBAM. Brazilian Institute for Municipal Administration. *Cartilha de Limpeza Urbana*. 1991. 81 p

- MASSUKADO, L. M. *Sistema de Apoio a Decisão: Avaliação de Cenários de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos Domiciliares*. 2004. 272 f. Dissertation (Masters Degree in Urban Engineering), São Carlos-SP, Federal University of São Carlos. 2004.
- MONTEIRO; J. H. P.; ZVEIBIL; V. Z. *et al. Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos*. Rio de Janeiro. 2001
- SÃO PAULO. Municipality of São Paulo. *Lei Municipal nº 16.050, de 31 de julho de 2014*. Aprova a Política de Desenvolvimento Urbano e o Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo e revoga a Lei nº 13.430/2002. 2014.
- SÃO PAULO. Municipality of São Paulo. *Lei Nº 11.228, 04 de junho de 1992*. Dispõe sobre as regras gerais e específicas a serem obedecidas no projeto, licenciamento, execução, manutenção e utilização de obras e edificações, dentro dos limites dos imóveis, e dá outras providências. 1992. 80p.
- SÃO PAULO. Municipality of São Paulo. *Lei nº 15.442, de 09 de setembro de 2011*. Dispõe sobre a limpeza de imóveis, o fechamento de terrenos não edificados e a construção e manutenção de passeios, bem como cria o Disque-Calçadas. 2011. 7p.
- SÃO PAULO. Municipality of São Paulo. *Lei nº 16.402, de 22 de março de 2016. Disciplina o parcelamento, o uso e a ocupação do solo no Município de São Paulo*, de acordo com a Lei nº 16.050, de 31 de julho de 2014 – Plano Diretor Estratégico (PDE). 2016. 108p.
- SÃO PAULO. Municipality of São Paulo. *Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da Cidade de São Paulo*. 2014b.
- SÃO PAULO. Municipality of São Paulo. *Relação dos Ecopontos*. São Paulo. 2016b. Available: http://www3.prefeitura.sp.gov.br/saffor_bueiros/FormsPublic/serv1Ecopontos.aspx. Accessed: May, 20 of 2016.
- SOUZA, J. R.; SOARES, B. R. *Políticas públicas e planejamento urbano na perspectiva do movimento de cidades saudáveis*. In: Congresso Iberoamericano de Estudios Territoriales y Ambientales, 6º, 2014, São Paulo. Estudios Territoriales. São Paulo. 2014. p. 2533 - 2548.
- TCHOBANOGLOUS, G. *Solid Wastes: engineering principales and management*. Issues. Tokyo: McGraw-hill, 1977.
- Vilhena A. *Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado*. 3ª ed. São Paulo. 2010.



Patchwork of industrial neighborhoods around São Paulo core area: Case study

Adilson Costa Macedo

University São Judas Tadeu. Curso de Arquitetura e Urbanismo. São Paulo. Brasil
ac.macedo@terra.com.br

Gastão Santos Sales

University São Judas Tadeu. Curso de Arquitetura e Urbanismo. São Paulo. Brasil
gastao.sales@gmail.com

Maria Isabel Imbronito

University São Judas Tadeu. Curso de Arquitetura e Urbanismo. São Paulo. Brasil
imbronito@gmail.com

ABSTRACT: This paper is part of a research on the urban fabric of traditional industrial neighborhoods in the city of Sao Paulo, today in a changing process for housing and services. It is observed that occurred in the history of its development the implementation of urbanized sectors characterized by blocks parceled into plots of large and medium size to industrial activities. This pattern usually is mixed with residential, commercial and services spots. As the groups of small lots not facilitating additions, they are not so attractive to the builders. Today is observed a scenario of low occupancy, side by side with a dense and vertical environment. The industries are in a process of transferring giving way to residential condominiums or large shopping centers. In these spots the use of soil appears as predominantly residential or mixed use. The study of these significant parts of the city to preserve them as open neighborhoods areas, where the quality of life may have a unique character, in contrast to the large gated communities, is a subject related to sustainability and whose study begins. The purpose is to investigate how to protect them from the point of view of mobility, identity, the use of public services and access to social facilities, encouraging the formation of a favorable environment for people. To the SBE2016 conference will be presented the initial part of the research, the procedures and an overview of the site in Mooça's District, São Paulo, Brazil.

Keywords *Sustainable urbanism, urban design, urban morphology, neighborhood development.*

1. INTRODUCTION

Eleven million people live in São Paulo, Brazil, within a metropolitan area of twenty million. In spite of central county population achieve stability nowadays, increases the number of people all around. Enormous problems with transit, infrastructure, safety and air pollution are affecting people in the city.

Mooca (2589 acres, 85029 population) is an old industrial district, situated 2,3 miles from downtown São Paulo. A train system and highways make transporting easier goods to the Port of Santos, 41miles far away and a half mile altitude. This network was designed to attend the demands before 1980, being obsolete nowadays, in consequence of the automobile invasion and the lack of investments in urban infra-structure. The linkage between the central city, the emergent industrial area and seaside was designed in the Tamanduateí river flood area as a design concept from the nineties dawn. Unfortunately, it was a decision made at that moment looking for the easy access and economy, not to preserve nature. The consequence nowadays is a huge vehicular system, alongside, but too close the river. This being polluted, considered by a parcel of the population as a place to throw away unused things. This is not a nice scenario to the residential and office buildings growing nearby.

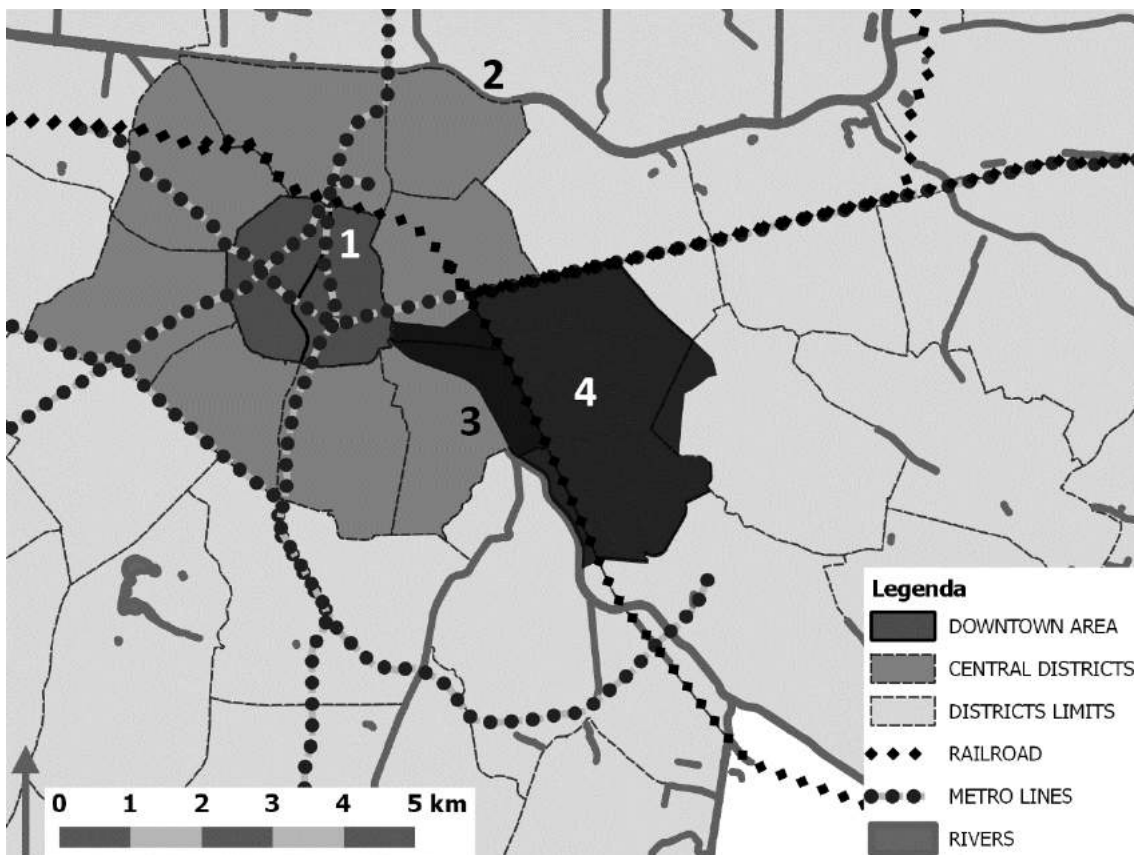


Figure 1. Mooca's District and the city core. Source – Author's diagram.

Mooca, attached to the city center of São Paulo, means the starting point to the development going East. This process of territorial occupation is fully explained by R. M. Prospero and M. D. Grostein in the book "A Leste do Centro". Their diagrams brought about the idea to adapt

the map from this region of São Paulo, in order to situate the Mooca's District in relation to the core area of the city, Figure 1. In this figure the numbers are representing, as follow: 1- Central Area, 2- Tietê River, 3- Tamanduateí River, 4- Mooca's District.

As a global city São Paulo has been converted to a business and services city moving away the large industries. The Mooca's district sited near downtown became one of pioneers on city transformations, being attractive for housing and services. The district became a typical area showing partly empty large industrial plants, historical buildings waiting to be updating, many small size buildings changing its occupation to mixed use and new large housing condos replacing industrial buildings. In this context what characterizes the actual portrait is the presence of large condominiums and multi-use complexes (Macedo, 2013).

Understand the transformations on the patterns of urban tissues helps everybody in some way, it is an important matter to study because permits a straight connection with the built environment. The RGCA, Research Group City Architecture, University São Judas Tadeu. has been studying the subject of urban form specially devoted to the transformations on the old industrial areas in São Paulo. By studying the changes in the framework of cities is possible develop a set of patterns to support urban design, motivate people to claim for better places to live in, and achieve a way to encourage the involvement of politician's class. The theoretical approach can help professionals and students in their assignments in the field of planning and urban design. Taking the city of Portland, Oregon, USA as an example of public and private initiatives, J. Barnett and L. Beasley out: "Another area of redundant industrial and warehouse adjacent to the Willamette River has recently been totally redeveloped into what is now knowing as South Waterfront Neighborhood. Since the early 2000s, this predominantly high-rise area has grown to accommodate more than 5,000 people" (Barnett and Beasley, 2015).

In São Paulo there is not any so unique environment like the Willamette River area, but through good mind inquiring will be possible explore an amount of different places with sufficient attributes leading to good urban design. Every neighborhood of a city has a couple of qualities to be explored in accordance to desires and people needs, not depending exclusively from population income, but, if everyone is moving forward together. A sample of the RGCA research on tissue transformations, so called patchwork of industrial neighborhoods around the São Paulo core area, will be presented by the occasion of the sustainable built environment seminar, SBE2016 Brazil& Portugal.



Figure 2 - Panoramic view: the mix of building forms and sizes. Source - Author's image, 07.06.2016

2 RESEARCH PROCEDURES

Figure 2 is a testimony of urban tissue transformation to higher density. In a glance on the Mooca's aerial image is easy identifying the general aspects of the urban tissue: large industrial blocks contrasting with other in regular size for housing and the lack of public green spaces. The studies of this tissue has been started by the empirical knowledge from walking through the area, in a sense that researchers must have familiarity with the spaces. Statement coming from to realize that urban design concepts and the study of the city architecture enhances with the sense of the territory (Costa & Netto, 2015).

There are nine steps to do so.

Step 1 - Adjusting the neighborhood boundaries

First step is how to consider the boundaries of Mooca's district. The City has its limits to administrative objectives, another subdivision related to the city facilities, there are the subdivision to Census and the one adopted by the Urban Planning Department. The criteria adopted for this study are related to the evolution of the land occupation since the middle of last century, considering the official data, but slightly adjusted to boundaries as considered by the ordinary citizens. The parceling resulted in eight enclaves: 1- Ana Neri; 2- Hipódromo; 3- Cassandoca; 4- Alberto Lyon; 5- Mooca ; 6- Alto da Mooca; 7- Henry Ford; 8- Parque da Mooca. Figure 3A

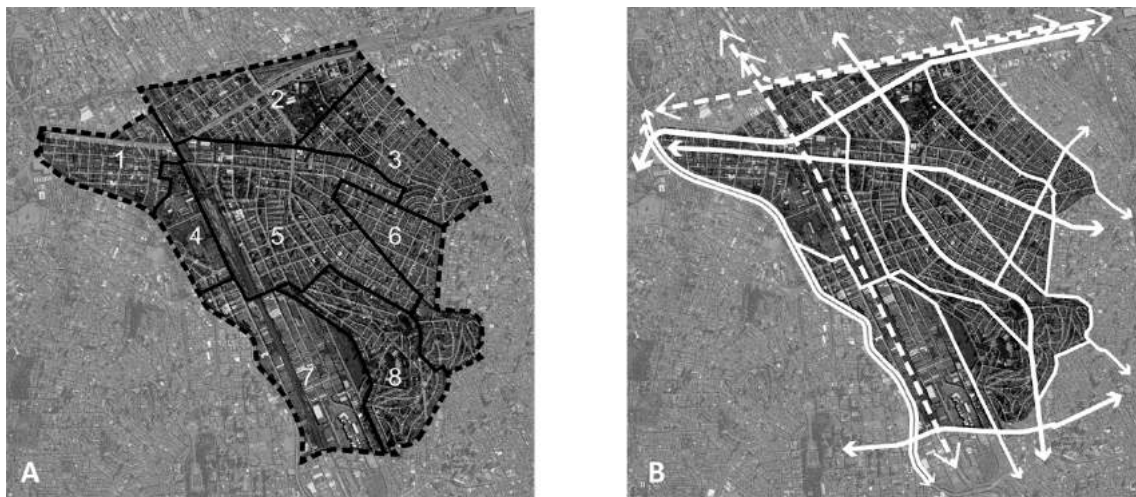


Figure 3. Mooca: Eight enclaves and the main street system. Source - Author's diagram. Google Earth 25.05.2016

Step 2 - Identifying the roads going through and the roads of distribution

To the matter of classifying the street network is adopted a system that is current to urban design in North America, also recommended by N. Cherry and K. Nagle (Cherry e Nagle, 2009). To support the design diagrams, the vehicular circulation is classified as:

- Road going through (primary right-of-way);
- Road of distribution (secondary right-of-way);
- Local road (local right-of-way);
- Railroad / metro - train (right-of-way)

To facilitate the analysis, these concepts are applied as a diagram, showed in figure 3B. The solid lines represent the roads going through, the dotted lines, railroads or subway

Step 3 - Urban space by its parts

The roads going through and the railroads are highlighted and appointed as the main circulation network. Working at this small scale of mapping, the distributing roads were not considered, as far as for the present purposes the schematic approach is enough. At this point, the overlapping of the roads map upon the enclaves' sheet is to be done. It is the moment to check one to another, as a way to find if boundaries are coincident with a road going through or not. In case of no coincidence, is time to find if there is a distributing road playing the role of the boundary. To achieve a good portrait of enclaves its boundaries lines must be established by a road going through, a railroad or a road of distribution. There is interest to the analysis the overlapping of the enclave's map upon the roads one.

Step 4 - The boundary of an enclave is more than a single road

The road going through (primary right-of-way) or the road of distribution (secondary right-of-way) in the urban landscape are intermediate spaces where people and vehicles can move by them. As such, they attract a diversity of people activities through the pedestrian paths or sheltered in the roll of buildings alongside the streets. Together, the streets, lots, border blocks and buildings constitute what is named by corridor. The traditional city has its urban design based on a network of corridors, almost all of mixed use.

Step 5 – Corridors and the space between them

In traditional cities corridors can intercept one to another creating an intermediate space like cells. Its shape may be like a polygon, such as a rectangle, trapezoid or sector of circle, depending on the land configuration. This space is called subarea, it is large if considered the city ring corridor as the limit and it is small when embraces a residential neighborhood.

The previous five steps result from procedures developed by RGCA, for urban tissues studies when they are segments of a large sector inside a city, like São Paulo. They are concerned with a sort of analysis about urban tissues, whose basis were found in the paper "O espaço urbano por partes" (Macedo,2002).

Step 6 – The corridors and subareas as the subject of analysis

In a chosen sector, corridors and subareas that characterize this space, are issues already established, giving the basis for further analysis. In a chosen sector, corridors and subareas that characterize this space, are issues already established, giving the basis for further analysis. Figure 3B is necessary to add the track of lots that confront the existing roads and buildings, to complete the corridor. Surely, this will be studied into a scale useful for the analysis, but diagrams showing the plots along the corridor and a figure ground map emphasizes the study general concept. A sample is presented considering a part of District already detailed by GPAC. Figure 4.

At this point based on the study of the eight enclaves the researcher has enough knowledge about the evolution of the urban structure of each enclave. It is supposed that knowledge enhances during the contact with the local reality, understood by social-economic, cultural and environmental issues. Process accompanied by local visits, bibliography and analysis of the city master plan. The result from to study the enclaves must be crossed with the

experience in each corridor and in the subarea, specially concerning the smaller portions. In the little subareas, roads of distribution play an important role to delineate neighborhoods of small size.

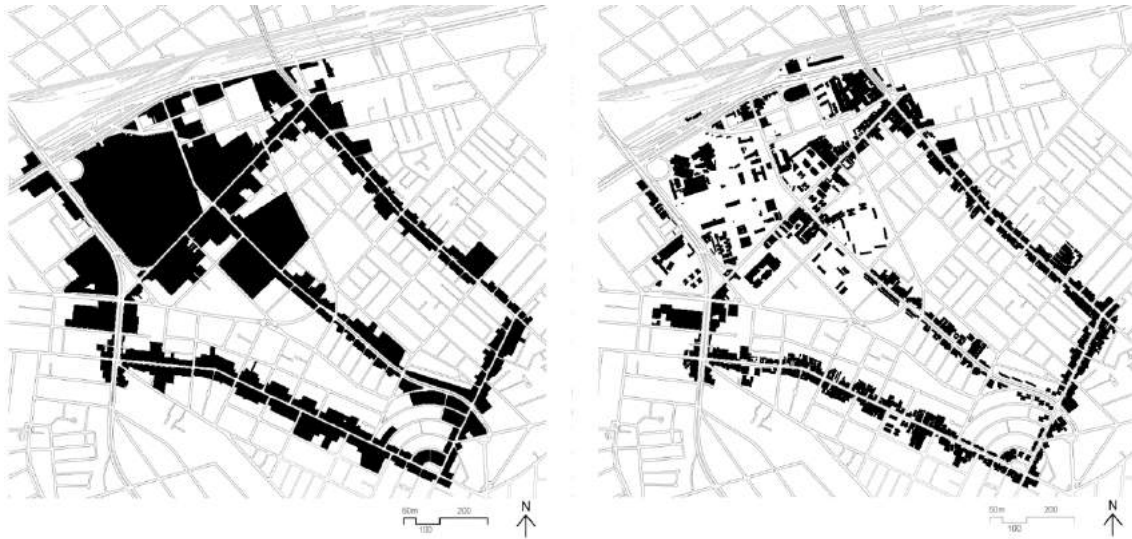


Figure 4. Corridors highlighting the plots and figure ground. Source – Author’s diagrams

Step 7- Patterns of urban tissue at first glance

Based on step 6 experience, researcher have acquired a sense to identify different patterns of urban tissue. The first glance means classify these patterns given to its insertion in the city grid, block, plot and building type. This means the beginning of a systematic task on pattern classification. To illustrate are given some samples, as follows.

Sample 1 (figure 5): an institutional block having parcels to different public equipment. It is a 5 acres’ area with five plots separated for public walkways. There is a generous green embracing the built area. The history indicates the place was a horse race precinct. Back figure 3, enclave 2.



Figure 5 – Partial view, enclave 2. Source – Author’s images and Google Earth 04.06.2016

Sample 2 (figure 6): an urban tissue designed for housing, giving the feeling of a quiet neighborhood. In Mooca is easy finding interesting places like this. Back figure 3, enclave 5.

Sample 3 (figure 7): a common situation, like a mix of small and medium low-rise buildings with high-rise large ones, all of them in the same block. A strong influence of garden cities concepts related to urban design. Back figure 3, enclave 5.



Figure 6 – insertion of a cul-de-sac in a regular block. Source – Author’s image and Google Earth.02.06.2016.



Figure 7- From the smaller to the big one. Source – Author’s Image and Google Earth. 08.06.2016

Sample 4 (figure 8): The traditional locations to heavy industries, occupying large tracks of space occurs in the enclaves 4 and 7, as shown in figure 3. They are mainly industrial plots, not many places to commerce and services, and just few locations to shelter people in charge with the security. The landscape shows sheds that are often repeated, their roofs constitute heat islands. The cargo trucks can only access this area at night. There are problems of mobility and pollution because the neighborhoods around are mainly mixed use nowadays. Interestingly, on the ground of the industrial facilities are out of this area, where there are many industrial buildings listed by heritage, the enclaves (4 and 7) show the potential to become an important interest point of the district of Mooca: mixing industries that can stay with culture and recreation areas. Back figure 3, enclaves 4 and 7.



Figure 8 – Large industries in Mooca. Source – Author’s image (2009) and Google Earth. 03.06.2016

Sample 5 (figure 9): thirty-seven and half acres’ block spilt between a plot to subsidized housing (1948) and a plot to a medium-class condominium (2004). Back figure 3, enclave 3.



Figure 9 – From the traditional to the modern pattern. Source: Author’s image and Google Earth, 06.06.2016

Step 8 - Criteria to select significant samples to organize a table of patterns

As a result of exploring the different arrangements of the built environment it is necessary to select the patterns which are representative of the urban tissue. As C. Alexander says: “In short, no pattern is an isolated entity. Each pattern can exist in the world, only to the extent that is supported by other patterns: the larger patterns in which it is embedded, the patterns of the same size that surround it, and the smaller patterns which are embedded in it.” (Alexander, 1977).

Figure 10, illustrates how the preservation of an old factory may represent a pattern on the importance of heritage as an expression of the cultural level of a community. But, the majority of patterns are from physical nature such as, how the entrance of a building is related to the street, and so on.



Figure 10 - Iconic historical building. Source – Author’s image.

Step 9 – Designing with selected patterns

Is not so difficult identify patterns by random, they are visually recognizable. The question is how to adjust each pattern, from the point of view of the physical form of the neighborhood, in accordance to community needs, desires and the potentials to find the urban design guidelines. Again, by walking through the neighborhood – in a broad sense - will be possible to get this response. Events such as *charrettes* can be performed at each stage of the project, to gauge which technical and community people have to say. These meetings to be efficient looking forward clear goals, are to be organized in professional basis as A. Lutzenhiser and W. Lennertz advises. (Lennertz/Lutzenhiser, 2006)



Figure 11. Scenes of urban life. Source – Author’s images.

Besides the necessary inputs arising from urban planning, in particular the technical data, there are a set of attributes coming from the cultural context, enhancing the urban design program. If indeed they are embedded into the program, certainly the benefits should reach people. These inputs come from the concept that the urban designer must observe everything looking for element to add into the program to design inspired by the local spirit: *genius loci*. The analysis and interpretation of urban structure, even the initial project proposals could be complemented by an entry not strictly physical or quantitative. Aspects of social life and the local community customs are to be considered (Norberg-Schultz,1980).

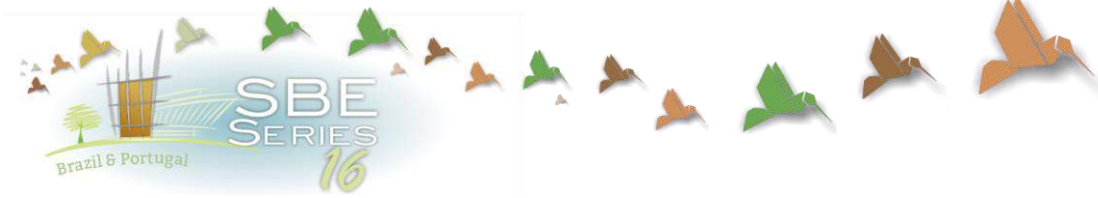
3 FINAL COMMENTS

The ten steps explained in this paper are partial results of a working in progress, looking for to systematize the analysis process of an urban tissue. Today there is a huge set of variables to be considered in urban planning and urban design. The start point is the usual research to survey the basic data listing: needs, desires, the natural landscape and human transformations. In the contemporary planning in which the discussions with stakeholders on a given project are important and there are proceedings to make them useful for the urban design, is possible to introduce the thematic of taking qualitative notations on people behavior and culture related to spatial patterns.

The steps 1 to 3, explained in this paper, are done in order to define enclaves in the city understood by geographical, cultural and social indicators, besides official information and urban planning guidelines. Steps 4 to 6, are to explain the concepts of corridors and subareas, introduced as new morphological elements that overlap the street, block, lot and building, whose studies are in the field of urban morphology. The steps 7 to 9, point to a way of urban designer have the sense to realize physical organizations and using ways of spaces empirically and then slowly consolidating them as patterns (step 9). The nine steps are placed to help further research and offer an organized basis for the development of new projects. Going forward, it is thought that the 9 steps can help in the process of teaching urban design.

REFERENCES

- Alexander, C; Ishikawa, S; Silverstein, M, 1977. *A pattern language*. NY: Oxford University Press.
Barnett, J; Beasley, L. 2015. *Ecodesign for cities and suburbs*. Washington: Island Press.
Cherry, N.; Nagle, K. 2009. *Grid, street, place, essential elements of sustainable urban districts*. Chicago: Planners Press.
Costa, Stael. P; Netto, M. M.G. COSTA, Stael. P; NETTO, Maria Manoela.G. Fundamentos de morfologia urbana. Belo Horizonte, C/Arte. 2015. *Fundamentos de morfologia urbana*. B. Horizonte, C/Arte. 2015
Faar, Douglas. 2008. *Sustainable Urbanism. Urban design with nature*. New Jersey. John Wiley & Sons.
Grostein, M; Meyer, R, 2010. *A leste do centro*. São Paulo: Imprensa Oficial.
Lennertz, B; Lutzenhiser, A. 2006, *The charrette handbook*. New York: APA Planners Press.
Macedo, A.C. 2002. O espaço urbano por partes. *Revista Sinopses* 38, São Paulo: 11-16.
----- 2013. Understanding urban design issues from changes in urban tissues: case study Mooca, Brazil. *In Journal of the Indian Institute of Architects* 78/12 December: 26-29. Mumbai.
Norberg-Schultz, C. 1980. *Genius loci: Towards a phenomenology of architecture*. Academy Editions, London.



Ecology and environment, an urban scale comparative study between contemporary and vernacular city of Nablus

Fajer Ali Al Tawayha

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal
fajrty@gmail.com

Luís Bragança

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal
braganca@civil.uminho.pt

Ricardo Mateus

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal
ricardomateus@civil.uminho.pt

ABSTRACT: The harmony between environment and buildings is the strongest point of vernacular architecture. In this context, the Mediterranean vernacular architecture is harmonized with its local context, including culture and traditions. In addition, it respects environmental and climatic factors, construction materials and morphology. In the past, people in Palestine built their houses according to their possibilities, needs, available materials, topography, and culture. Without any control from the government or any legal limitations or architects, it was people architecture, simple architecture. This paper discusses the differences between vernacular and contemporary cities of Palestine at the urban scale. The research methodology adopts explanatory qualitative analysis and comparative synthesis methods for both the old and the new area of the city of Nablus and considers many parameters of the cities such as the city layout, skyline, infrastructure and public spaces. The outcomes of this research allow understanding how the new city is far away from the sustainability principles and how the old city is closer to it and how the architects and stakeholders could learn from the strategies of vernacular architecture. The paper draws a set of recommendations for more in-depth studies, based on quantitative survey with energy efficiency measurements in the Mediterranean climate.

Keywords *sustainability, urban scale, vernacular buildings, Palestine.*

1. INTRODUCTION

There is no doubt that Mediterranean countries, in general, have some common aspects regarding vernacular architecture like climate, materials, and building technologies. As an example and having in mind the specific characteristics of the vernacular architecture found in Mediterranean countries, this paper is focused in Palestinian vernacular architecture.

Nowadays, vernacular architecture is considered as a model for sustainable architecture and the strategies that are now the basis of sustainable construction are derived from aspects and characteristics of this type of architecture (Fernandes et al. 2014).

The Palestinian vernacular architecture was studied before by other authors. For example, (Hussein, Barlet, and Semidor 2010) highlighted the socio-environmental characteristics of private outdoor spaces in contemporary Palestinian housing, comparing it with the traditional outdoor spaces, with the goal of improving living quality of future housing design in Palestine. This comparative study was carried out in two different cities located in two different climatic zones of Palestine: Jericho and Nablus (Kottek et al. 2006). The study is focusing on courtyard concept and in the importance of reintroducing consciously this concept in the design of new residential buildings and in the retrofitting of existing ones. This study is based in a survey that covers 300 dwellings of different housing typologies such as detached houses and multi-family buildings, which are the most common typologies of contemporary housing in Palestine. As main conclusion, this study highlights that the private outdoor spaces are an important and main element for improving and achieving housing sustainability and that contemporary outdoor spaces are not designed to meet the inhabitants needs.

Another comparative study discusses high-density housing in Palestine and the lack of land, by comparing between contemporary and traditional typologies and identifying the use of land parameters of traditional housing to improve contemporary housing in Palestine (Itma 2014). This study analyzes different housing, such as courtyard houses, single houses, and attached houses, in addition, it defines the following typologies for Palestinian buildings: i) Low-rise-low-density housing; ii) High-rise-high-density housing; and iii) Courtyard housing.

One of the most recent studies in this field (Fernandes et al. 2014) reviews the importance of vernacular architecture as a type of construction that should be studied from a sustainability point of view (Fernandes et al. 2014). The study is based on a comparative analysis between the vernacular architecture of southern Portugal and north of Egypt.

The study concluded that Mediterranean vernacular architecture was developed in many perspectives and affected by many factors, such as climatic, environmental and cultural aspects, and that it is possible to find similar vernacular strategies through the Mediterranean regions even if the culture is based on Roman or Arab cultures. The study also presents other works which highlight the good thermal performance of vernacular buildings in Mediterranean climate context (e.g. Fathy 1986), and emphasise the benefits of using local materials (e.g. Weber and Yannas 2013). This paper concludes that climate is an important issue to consider in building design and that some of the cooling passive strategies found in the Mediterranean vernacular architecture are relevant principles to consider in the design of energy efficient buildings. Nevertheless, the current building

design is depending majorly on fossil energy due to the role given to mechanical equipment to control the indoor climate.

2. METHODOLOGY

The paper is applying a qualitative approach through explanatory qualitative analysis and comparative synthesis methods for vernacular sustainable strategies used in Palestinian vernacular architecture at the urban scale. The application of this method and the comparison is focused on both the old city and new urban areas of Nablus. The comparative analysis was based on a systematic comparison of different design principles used with a focus on urban design scale strategies to understand similarities and differences. This analysis allowed the development of a set of guidance principles to be considered in the design of more sustainable urban areas in Palestine. From the results it was also concluded that it is necessary to develop future in-situ qualitative surveys for more robust evaluation of such strategies.

3. URBAN SCALE STRATEGIES USED IN VERNACULAR AND CONTEMPORARY CITY OF NABLUS

With a deeper insight, the difference grows and expands in terms of achieving sustainable concepts and observing the needs of the people, culture, and place. Unlike the modern part of the city, this is the case in the old city areas. These differences are clarified in table 1 as a comparison between the urban scale strategies used in the old and new urban areas of the Nablus city.

3.1 City layout

From the analysis of table 1 it is clear the differences between the old and the new urban areas of Nablus. As presented in Figures A and B the compact urban layout and the contiguous buildings are characteristics of the old city. Buildings shade the streets, and buildings are shading each other as presented in Figure C. In the new urban areas there are wide and open streets (Figure F), buildings are separated and the layout is completely different (Figures D and E).

3.2 City skyline




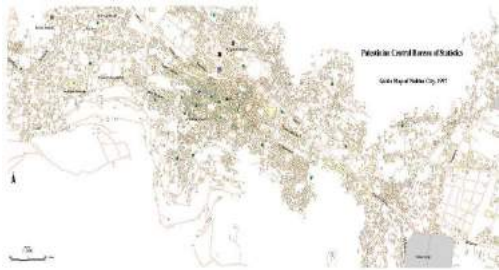


The difference is clear through table 2 between the heights of buildings in both contexts. Buildings in the old city are not very high, 2-3 floors maximum (Figures A, B, C), and generally are of equal height, unlike buildings in the new city area, with 6-12 floors and not with the same height (figures D, E and F).

3.3 Urban public and green spaces

As seen in table 3, there are a significative number of green and public spaces in the old city of Nablus (Figures A, B and C) that are still in use as public spaces and are suitable for cultural activities. On the other hand, in the new city, these spaces are fragmented into small spaces, depending on the legal rebound ruled by municipality (Figures E and F). In the new urban areas these spaces are not considered as a public space, neither as green spaces, and

the inhabitants do generally not use them and therefore such spaces are completely neglected (Figure D).






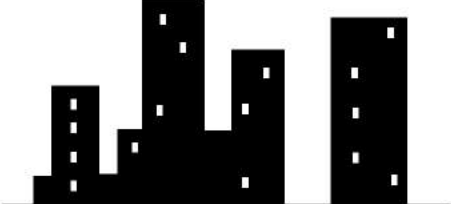
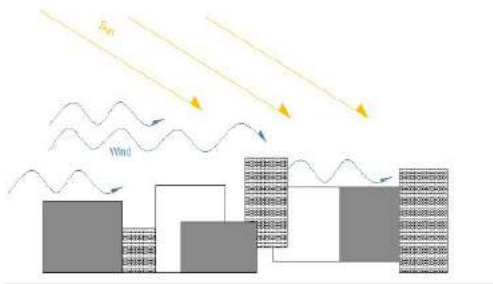
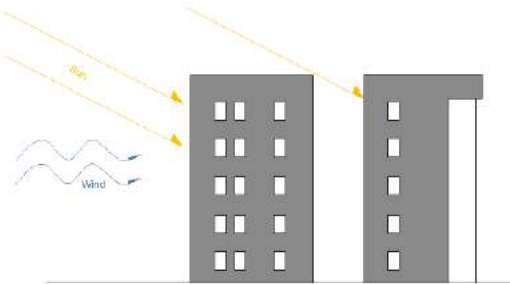
Table 1. City layout comparison between the old city and new urban areas of Nablus (Sources – figures A and E: “Http://www.nablus.org/” 2011; D, C and F: “DOOZ” 2016).

Old city (Nablus)	New city
<p>A</p>  <p>Nablus old city map showing the compact layout</p>	<p>D</p>  <p>Separated building in the new urban areas</p>
<p>B</p>  <p>3D model of Nablus showing the compact layout</p>	<p>E</p>  <p>2D map for the new urban areas showing the disperse layout</p>
<p>C</p>  <p>Shaded streets and walkways as a result of compact layout</p>	<p>F</p>  <p>Streets and walkways exposed to direct solar radiation due to wrong city layout</p>

3.4 Infrastructure

As presented in Table 4, the new technology is giving some positive inputs to the new urban areas, such as an improved sewerage network (Figures D and E), in contrast with old sewerage network created by the Romans and that is still in use in the old urban areas (Figures I and J). Regarding the water distribution system, in the new urban areas both the higher population density and higher buildings height turned necessary the use of solutions higher environmental impact and not always so well integrated in the urban layout as the traditional water distribution systems (Figure B and C compared with G and H).

Table 2. sky line comparison between the old city and new urban areas of Nablus (Sources – figure A: “[Http://www.nablus.org/](http://www.nablus.org/)” 2011; B: “Presidentsmedals” 2016; D and H: “Tawayha, Bragança, and Mateus 2015”).

Old city (Nablus)	New city
<p>A</p>  <p>Buildings height at the old city of Nablus.</p>	<p>D</p>  <p>Buildings height at the new urban areas.</p>
<p>B</p>   <p>Section showing composition and heights.</p>	<p>E</p>   <p>3D and 2D view for the new urban areas.</p>
<p>C</p>  <p>The effect of the buildings height on the wind and sunlight access.</p>	<p>F</p>  <p>The effect of the buildings height on preventing the wind and sunlight access.</p>

4. DISCUSSION

For a developing and growing country such as Palestine, it is necessary to begin and to grow in a right way and to build on strong and clear foundations to reach suitable and sustainable buildings for the people, especially when there is a very rich and vivid background that still exists. The empirical experience that was applied by our ancestrals in the design of vernacular cities has potential to be applied in the design of new building areas.

Nevertheless, it is necessary to prior analyse and scientifically validate the performance of the vernacular design principles.

Contemporary buildings in Palestine are far away from being sustainable buildings. Architects and other stakeholders are too much concentrated in the financial characteristics of their projects that they forget other important principles that should be base of the building design, such as: local climate, local materials, and population culture and needs. Therefore, such “modern” designs are doomed to be a failure. As presented before, there are many strategies, used in urban design scale of the old cities of Palestine that can be used in contemporary design. Those strategies are summarized and discussed below at the following levels: i) city layout; ii) city skyline; iii) urban public and green spaces; and iv) infrastructures;

Table 3. urban public and green spaces comparison between the old city and new urban areas of Nablus
 (Sources - figure A: “Presidentsmedals” 2016; figure D “DOOZ” 2016; figure E “Google Maps” 2016).







Old city (Nablus and Hebron)	New city
<p>A</p>  <p>Public spaces and gardens distributed all around the old city of Nablus.</p>	<p>D</p>  <p>Neglected gardens at the new urban areas.</p>
<p>B</p>  <p>Semi-public spaces between buildings.</p>	<p>E</p>  <p>Urban spaces caused by rebounds.</p>
<p>C</p>  <p>Semi-private spaces for extended families</p>	<p>F</p>  <p>Spaces between buildings caused by rebounds.</p>

Table 4. infrastructure networks comparison between the old city and new urban areas of Nablus (Sources – figure F: “Google Maps” 2016; figure A: Tawayha, Bragança, and Mateus 2015; figures D, E, I, J: “The Applied Research Institute Jerusalem - Home” 2016).



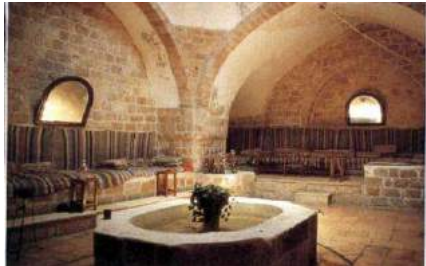







Old city (Nablus)	New city
<p>1) Roads and transportation</p> <p>A</p>  <p>Top view picture for the transportation network the old city of Nablus.</p>	<p>F</p>  <p>Top view picture for the transportation network the new urban areas of Nablus.</p>
<p>2) Water distribution</p> <p>B</p>  <p>Water elements in the public buildings of Nablus.</p>	<p>G</p>  <p>Water tanks above buildings of the new urban areas.</p>
<p>C</p>  <p>“Sabil” public free water element.</p>	<p>H</p>  <p>Electric pumps for water distribution.</p>
<p>3) Sewer network</p> <p>D</p>  <p>Old roman canal for water distribution.</p>	<p>I</p>  <p>New water network at the new urban areas.</p>

Table 4 (cont.). Infrastructure networks comparison between the old city and new urban areas of Nablus (Sources – figure F: “Google Maps” 2016; figure A: Tawayha, Bragança, and Mateus 2015; figures D, E, I, J: “The Applied Research Institute Jerusalem - Home” 2016).

Old city (Nablus)	New city
<p>E</p>  <p>Natural springs used for water supply.</p>	<p>J</p>  <p>New water network plan of Nablus.</p>

4.1 City layout

Comparing between the old and the new city reveals the huge differences at the city layout. In the old city, it is clear the compact urban layout which: reduces the number of surfaces exposed to the sun thus reducing the solar gains in summer and preventing the building from losing heat in winter; provides shaded pedestrian streets in summer; and also protects people from the hard wind and rain at the roads in winter. On the other hand, the layout of the new city is wide, streets are opened, the buildings are separated, and all are exposed to sunlight in the hot days of summer, and the cold wind and bad weather in winter.

4.2 City skyline

The height of buildings controls and affects both wind movement and sunlight access. At the old city it is clear that no building rises more than 2-3 floors, which allows the sun to reach all the parts of the house, and also, the wind is able to reach all the spaces, making a good circulation and ventilation, providing a healthy environment all around the city. On the other hand, in the modern city areas there are higher buildings with 7-16 floors that prevent the wind and the sun to reach a huge part of the neighbour buildings. Therefore, in this case buildings are worst regarding healthy aspects.

4.3 Urban public and green spaces

The old cities in Palestine are depending more on semi-public, semi-private and private spaces, which puts the responsibility of these spaces on people that really use them. In this case, the users are responsible by taking care of these spaces and even for trying to develop them.

On contrast, the new areas of the city are depending mainly on public spaces. In this case the poor local government is responsible by maintaining these spaces, which means poor care and abandonment of these areas.

4.4 Infrastructure

The city infrastructure is divided into hard and soft elements. In this case, hard elements are discussed, which are roads, water distribution and supply and sewerage networks.

4.4.1 Roads and transportation

As seen before, the old city of Nablus is depending mainly on pedestrian paths that are shaded, protecting people from rainy and sunny days. Only two main roads exist that pass along the old city, allowing people to reach their neighbourhoods. This allows protecting the city from pollution caused by vehicles. The design of the new city areas ignores completely the pedestrian paths and assumes that people depend on vehicles to reach every side of the city.

4.4.2 Water distribution

The old city has a good water supply network, depending on the natural springs that there are all over the city. This network is based in a unique concept that is called “Sabil”, providing people with drinking water they need for free. On the other hand, although the new city areas have also a good water network, which is providing water to almost all the parts of the city, the image of the tanks in the top of the buildings is having a very bad aesthetic impact on the city.

4.4.3 Sewer networks

Without any doubts, the sewerage network in the new city areas is much better than the old one. Nevertheless, the old network has no problems, and it is still working well.

5. CONCLUSION

Generally, in order to develop something and to improve it, it is necessary to learn from previous experiences, to learn from the past for future, especially when talking about a very rich background, and a very poor reality. In this paper, some strategies were raised and explored in urban design scale, both in old and new context, comparing the old and the contemporary city areas of Nablus.

The study is trying to highlight these strategies in order to assess their potential to use them in improving the design of new urban areas. This study was focused in the urban scale strategies and since building scale strategies should also be studied, this is going to be developed in another study complementary to this one.

Using a comparative approach, this paper showed that some vernacular Palestinian architecture’s strategies have good potential to be used in the design of new urban areas in Palestine. These strategies much be used together with other contemporary design approaches and knowledge in order to satisfy inhabitant’s needs and expectations, thus contributing for the creation of a more sustainable built environment.

As main conclusions, this study highlights that:

- More intensive quantitative studies and surveys are needed to adapt vernacular strategies to modern applications;

- Vernacular strategies should be used as guidelines for our contemporary urban planning process;
- Currently, there are no national reference documents for vernacular strategies in both urban and building scale design.

REFERENCES

- "DOOZ." 2016. Accessed April 26. <http://www.dooz.ps/>.
- Fathy, Hassan. 1986. "Natural Energy and Vernacular Architecture." *Principales and Examples with Referances to Hot and Climates. The Univercity of Chicago Press. Ed Chicago*. JSTOR.
- Fernandes, Jorge, Marwa Dabaieh, Ricardo Mateus, and Luís Bragança. 2014. "The Influence of the Mediterranean Climate on Vernacular Architecture: A Comparative Analysis between the Vernacular Responsive Architecture of Southern Portugal and North of Egypt." *In World Sustainable Buildings SB14*.
- "Google Maps." 2016. Accessed April 26. <https://www.google.pt/maps/@41.5472749,-8.4114212,13z?hl=en>.
- "[Http://www.nablus.org/](http://www.nablus.org/)." 2011. <http://www.nablus.org/>.
- Hussein, Muhannad Haj, Aline Barlet, and Catherine Semidor. 2010. "Socio-Environmental Dimensions of Private Outdoor Spaces in Contemporary Palestinian Housing." *Open House International* 35 (2). Open House International: 67–76.
- Itma, M. 2014. "High-Density Housing in Palestine: Learning from Traditional Typologies." *The Sustainable City IX: Urban Regeneration and* https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=CY2lBAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA87&dq=high-density+housing+in+Palestine:+learning+from+traditional+typologies&ots=SQOvEFu_Xj&sig=U0xpQnsD1bsyHG_KEErm_ZrUqsE.
- Kottek, Markus, Jürgen Grieser, Christoph Beck, Bruno Rudolf, and Franz Rubel. 2006. "World Map of the Köppen-Geiger Climate Classification Updated." *Meteorologische Zeitschrift* 15 (3). E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung: 259–63.
- "Presidentsmedals." 2016. Accessed April 26. <http://www.presidentsmedals.com/Entry-31911>.
- Tawayha, Fajr, Luís Bragança, and Ricardo Mateus. 2015. "The Influence of the Palestinian Sociocultural Values in Shaping the Vernacular Architecture of Nablus City." Universidade do Minho. Escola de Engenharia.
- "The Applied Research Institute Jerusalem - Home." 2016. Accessed March 31. <http://www.arij.org/>.
- Weber, Willi, and Simos Yannas. 2013. *Lessons from Vernacular Architecture*. Routledge.



Hacia Ciudades Inteligentes en Latinoamérica

Andrea Karina Scremin Aquilino

Universidad Federal de Río de Janeiro, Laboratorio de Proyectos Urbanos Sustentables, Programa de Ingeniería Urbana, Río de Janeiro (RS), Brasil
a.k.scremin@gmail.com, aquilino@poli.ufrj.br

Angela M. Gabriella Rossi

Universidad Federal de Río de Janeiro, Laboratorio de Proyectos Urbanos Sustentables, Programa de Ingeniería Urbana, Río de Janeiro (RS), Brasil
gabriella.rossi@poli.ufrj.br

ABSTRACT: Con la creciente tendencia mundial de urbanización junto al deterioro continuo del medio urbano latinoamericano observado hoy en día, se ha levantado la preocupación de los diversos sectores sociales (público, privado y externo, no gubernamental, academia y sociedad civil) por los serios problemas y la falta de sustentabilidad que enfrentan sus ciudades. Paralelamente, se observa como las diversas formas de tecnología, encabezadas por las Tecnologías de Información y Comunicación, están desempeñando un papel importante en la vida de las personas y las ciudades a nivel mundial, incrementado sus ventajas competitivas. Las ciudades están pasando por un proceso de transformación influenciadas por un nuevo fenómeno urbano conocido como Ciudades Inteligentes, donde la tecnología está siendo aplicada para resolver problemas a tiempo real, optimizar recursos, mejorar la resiliencia urbana, cambiar los modelos de gobernanza y promover la participación social. En este sentido, las ciudades latinoamericanas han percibido el potencial transformador que las tecnologías les pueden ofrecer a sus complejos problemas urbanos. Este trabajo pretende identificar y traer a reflexión como las CI emergentes de la región LA se están preparando en ese contexto, a través de la recolección de evidencias de las acciones claves y experiencias de las ciudades Buenos Aires, Ciudad de México, Río de Janeiro y Santiago. Este estudio forma parte de una investigación de maestría relacionada con el desempeño inteligente de las ciudades latinoamericanas.

Keywords *Ciudades inteligentes; tecnologías para la planificación urbana; ciudades latinoamericanas; gestión urbana.*

1. INTRODUCCIÓN

Durante el siglo XX, las áreas urbanas a nivel mundial crecieron significativamente, destacando que entre los años 1950 a 2014 la misma se multiplicó en más de 50 veces (de 746 millones a 3,9 billones), viviendo aproximadamente 54% de esta población en áreas urbanas a la fecha y estimando para el año 2050 su incremento al 66% del total de la población mundial (ONU-DESA, 2014). Frente a estas evidencias, ciertamente el mundo se está volviendo cada vez más urbanizado, siendo asociado el vivir en las ciudades a un mejor acceso a educación, salud, empleo, productos y servicios, pero pese a esta tendencia mundial e independientemente del grado de desarrollo socio-económico y político del país en cuestión, la mayoría de las ciudades no han podido acompañar las demandas de sus residentes, causando el deterioro de su calidad de vida y bienestar (Gehl, 2013).

En medio de este escenario de descontento general, ha surgido el modelo de Ciudad Inteligente (CI) que busca, a través de la integración de la tecnología con la planificación y gestión urbana, solventar los errores del pasado y traer a la realidad la construcción de ciudades sustentables, eficientes y resilientes. Así desde sus inicios, en la década de los noventa, el término ha sido albo de amplios estudios por considerarle influyente en el desarrollo urbano, en el incremento de la productividad de los sistemas y servicios, y del bienestar general de sus ciudadanos (Chong, 2011). El mismo incentiva el uso y aplicación de la tecnología, la adopción de nuevas estrategias de gobernanza y la participación más activa de los diversos actores sociales en el planeamiento y la gestión urbana (Chong, 2011; Chourabi et al, 2012; Cohen, 2012; Batty et al, 2012; Batty, 2013; Lemos, 2013).

No obstante, se han levantado críticas al respecto por quienes lo relacionan como una manipulación por parte de las empresas fabricantes de tecnología, y por quienes también denuncian la aparición de nuevas vulnerabilidades debido a los riesgos informáticos, la pérdida de privacidad, la manipulación social y el surgimiento de nuevas desigualdades socioeconómicas producidas por la brecha digital (Albino, Bernardi y Dangelico, 2015; Marsal-Llacuna y Segal, 2016), originando incertidumbres sobre su real potencial.

Ciudades en el mundo, mayormente localizadas en países desarrollados, hoy son modelos de CI al haber vinculado el uso de la tecnología con la gobernanza, la educación y la participación social, la infraestructura física y los servicios urbanos (Cohen, 2012). Por otro lado, algunas ciudades latinoamericanas (LA) que enfrentan serios problemas urbanos, están apostando en el modelo que las CI presentan. Es así como Río de Janeiro, Buenos Aires, Ciudad de México y Santiago de Chile, junto a otras capitales y ciudades secundarias han sido pioneras en la adopción del término, levantándose el interés al respecto de las acciones, experiencias y resultados alcanzados por las mismas.

A los efectos, este trabajo se caracteriza por seguir una línea de investigación exploratoria y descriptiva, y pretende traer a reflexión como las CI emergentes de la región LA, se están preparando en ese contexto, exponiendo primeramente una descripción sucinta del medio urbano LA y sus problemáticas, seguidamente destacando las acciones claves encontrados en la transformación de las ciudades inteligentes emergentes, base para el estudio de las experiencias precursoras de ciudades como Río de Janeiro, Buenos Aires, Ciudad de México y Santiago de Chile que se revelan seguidamente. Finalmente se exponen las consideraciones finales del estudio.

2. ANTECEDENTES

La región latinoamericana cuenta con un vasto territorio de aproximadamente 20 millones de Km² y una población de poco más de 525 millones de personas, de los cuales 78% viven en áreas urbanas (Banco Mundial, 2014). La misma se caracteriza por poseer una rica diversidad cultural por la fuerte influencia de su pasado colonizador, y sus pueblos indígenas que suman cerca de un 9% de la población actual de la región (CEPAL, 2014).

Sus principales ciudades pasaron por una importante transformación urbana durante el siglo XX, encabezada inicialmente por la adopción de modelos urbanos importados e insensibles a la realidad de la región, que junto a la falta de políticas públicas inclusivas de las clases desfavorecidas acabaron reforzando las divisiones sociales, las desigualdades económicas, el crecimiento desorganizado y la desproporción en la distribución de infraestructura y servicios básicos (CAF, 2011; ONU Hábitat CAF, 2013).

Así mismo, a lo largo de las décadas, las zonas urbanas de la región han sido albo de altos índices migratorios provenientes de las zonas rurales, acogiendo a las personas en busca de mejores oportunidades de vida (trabajo, educación, salud, confort), que sumado a los aumentos significativos de la tasa de natalidad y la falta de planificación, control y eficiente gestión por parte de las autoridades, acabaron magnificando los problemas urbanos que atraviesa la región exacerbados por el alto déficit habitacional, la ocurrencia repetida de desastres socio-ambientales, el incremento de las pérdidas humanas y materiales, la alta degradación ambiental y en consecuencia la pérdida significativa de la calidad de vida de sus habitantes (López, 2014).

La región está compuesta por 33 países y cientos de ciudades de diversos portes (pequeñas, medianas y grandes), y pese a la tendencia presenciada en las décadas pasadas de concentración en las grandes ciudades como Ciudad de México, San Pablo, Rio de Janeiro, Buenos Aires (CEPAL, 2012), actualmente las mayores tasas de crecimiento se concentran en las llamadas ciudades secundarias, las cuales presentan una población variante que puede ir de 20 mil hasta 1 millón de habitantes (Roberts, 2015).

En medio de este escenario, diversos sectores de la sociedad LA (gobiernos, academia, ONGs, ciudadanía) han destacado la necesidad urgente de repensar las ciudades LA (CAF, 2011, Barbero, 2013), surgiendo el modelo de Ciudades Inteligentes (CI) como el punto de partida en la solución de los problemas urbanos aquejados. El término, hoy ampliamente utilizado y referenciado como un fenómeno urbano, se relaciona a aquellas ciudades que vinculan el uso de la tecnología con la infraestructura existente y sus servicios, con el propósito de mejorar el desempeño de la ciudad, el eficiente uso de sus recursos, el desarrollo de sistemas urbanos más flexibles y adaptables a los cambios climáticos, a los riesgos socio-ambientales, a la violencia urbana, la escases de recursos, y otras amenazas (Belissent, 2010; Camargo et al., 2014).

En consecuencia, ciudades como Rio de Janeiro, hoy considerada la más inteligente de Latino América, seguida de otros destaques en la región como Buenos Aires, Ciudad de México, Santiago de Chile se han interesado en el modelo que las CI viene ofreciendo, inspiradas en aquellas otras localizadas en países desarrollados (como Viena, Toronto, Paris, Nueva York, Barcelona, Londres, Tokio, Berlín, Hong Kong, Copenhague) que han mostrado experiencias exitosas al respecto (Cohen, 2012).

3. ACCIONES PROPULSORAS EN LA TRANSFORMACIÓN DE CIUDADES INTELIGENTES EMERGENTES

Con base en las referencias bibliográficas consultadas, el término Ciudad Inteligente (CI) adoptado por este trabajo vincula al amplio uso de las formas variadas de tecnología con la infraestructura y los servicios urbanos, proporcionando con esto la generación de información y conocimiento sobre su uso, desempeño y posibles fallas o vulnerabilidades, que permiten direccionar soluciones eficientes y eficaces en la planificación, gestión y control urbano; atender las reales necesidades y demandas de sus ciudadanos; fomentar el desarrollo socioeconómico sustentable, el uso eficiente de los recursos; la remisión de la violencia urbana; el incremento de la resiliencia urbana, la participación social y calidad de vida.

Para la identificación de las experiencias de las ciudades LA en ese contexto, primeramente fueron extraídas acciones comunes llevadas a cabo entre ellas. Las mismas fueron agrupadas, reconociendo cinco fuerzas propulsoras en la transformación de las CI emergentes, siendo: a) Nivel tecnológico; b) Gobernanza; c) Educación y Participación Social; d) Infraestructura Física y Servicios y e) Legislación y Regulación. Todas ellas consideradas pilares fundamentales a implantar, para crear las bases necesarias por las CI. La descripción de estas fuerzas claves, son presentados a continuación.

- a) **Nivel tecnológico (NT):** Conjuga el nivel tecnológico, el uso de las variadas formas de tecnología y la apertura a la innovación del país y la ciudad. Su estudio y entendimiento tanto a nivel nacional como local, permitirá cualificar y cuantificar el grado de inversión y los desafíos a superar en la emersión de CI. Se destacan las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC's), que potencializan el intercambio de información a tiempo real, la rápida difusión de conocimiento y una alta dinámica de participación, tomando un papel protagónico en el alcance de metas relativas al desarrollo urbano inteligente y sustentable (CEPAL, 2012). Como desventajas al respecto del uso de las TICs, estudios han revelado la creación de nuevas formas de desigualdades socioeconómicas, causadas por las limitaciones que la población más carente presenta por la falta de acceso, el uso y conocimiento de estas tecnologías, creándose un nuevo fenómeno social conocido como la brecha digital (Trucco, 2013; De la Selva, 2015), así como se han denunciado nuevas vulnerabilidades de los sistemas urbanos (terrorismo, hackeo, exposición de la privacidad, manipulación de datos).
- b) **Gobernanza (G):** Asociada con la adopción de nuevas formas de administrar, planificar y gestionar las ciudades por parte del Estado, sus gobernantes y la administración pública (Meijer y Bolívar, 2015), incentiva la formación de un clima de transparencia y fortalecimiento del trabajo multidisciplinar. Considera cambios profundos en las formas de administrar y tomar decisiones, fundamentados en la apertura de nuevos canales de comunicación e intercambio de conocimiento entre los diversos sectores sociales y el poder público. Se destacan al respecto nuevas expresiones como: Gobernanza en línea, Gobierno online, eGobernanza, Smart Government.
- c) **Educación y participación social (EPS):** La educación como ente fundamental en la promoción al desarrollo urbano (Campbell, 2013; CEPAL, 2012), el fomento a la innovación y la creatividad, debe ser usada como herramienta estratégicas en el desarrollo de competencias y conocimiento de sus ciudadanos, capacitándolos para el

uso productivo de la tecnología, en especial las TICs. No existen CI sin ciudadanos inteligentes. La educación y la capacitación técnica son estrategias aliadas a la participación social, teniendo los ciudadanos un papel primordial dentro del proceso de creación de datos a tiempo real, y en la formulación de soluciones más eficientes y mejor adaptadas a sus reales necesidades. Los gobiernos deben potencializar la participación de las comunidades en la solución de sus problemas locales, creando canales interactivos para la diseminación del conocimiento, la orientación y el diálogo, que permitan entender las demandas, las necesidades, los alcances de los problemas que afectan a los diversos actores sociales en sus diferentes contextos. Se destaca al respecto la expresión Ciudadanía Inteligente.

- d) Infraestructura física y servicios (IFS):** A través del entendimiento de la distribución, estado físico, proceso de mantenimiento, tipos de uso y demanda de la infraestructura física y servicios públicos, pueden identificarse las necesidades de intervención a implementar para mejorar su capacidad de respuesta, la competencia de sus servicios y el eficiente consumo de recursos y energía. La ciudad se tornará inteligente a medida que su infraestructura y servicios también se transformen a través de su instrumentación, creándose los sistemas inteligentes relativos a la energía, movilidad, agua, educación, salud, seguridad urbana, residuos sólidos, entre otros (ITU, 2016). Este proceso se inicia con la instalación de sensores (movimiento, temperatura, humedad, entre otros), cámaras y diversos equipamientos tecnológicos en lugares estratégicos de la ciudad, conectados a un centro de control que debe contar con un equipo técnico especializado, dando la posibilidad de acompañar y controlar su funcionamiento a tiempo real, direccionando soluciones específicas a los problemas específicos. (ISO, 2015).
- e) Legislación y regulación (LR):** La creación de nuevos modelos de negocios asociados al uso de la tecnología, las nuevas sociedades entre el sector público- privado, los financiamientos e inversiones necesarias, los intereses económicos de las grandes corporaciones tecnológicas, la potencial exposición de los patrones de vida de los ciudadanos, los bloqueos a los sistemas, las intervenciones de hackers, entre otros aspectos, hacen necesaria la revisión y ajustes de las leyes y normas vigentes, para reestablecer los límites y nuevas regulaciones que brinden confianza y seguridad entre los diferentes actores (Batty et al, 2012; Batty, 2013; Kitchin, 2013).

4. EXPERIENCIAS DE LAS CIUDADES INTELIGENTES EMERGENTES EN LA

Con base en las acciones claves presentadas anteriormente: Nivel Tecnológico (NT); Gobernanza (G); Educación y Participación Social (EPS); Infraestructura Física y Servicios (IFS) y Legislación y Regulación (LR), se expone a manera de resumen en la Tabla 1: Experiencias de las Ciudades Inteligentes emergentes en LA, las iniciativas que están promoviendo y ayudando en el proceso de transformación de las CI emergentes: Buenos Aires, Ciudad de México, Rio de Janeiro, Santiago de Chile.

Tabla 1. Experiencias de las Ciudades Inteligentes emergentes en LA

Buenos Aires (BA) – Argentina	
NT	Abertura, tanto del país como de la ciudad, a la tecnología e innovación productiva considerando las TICs como sector estratégico. Incentivos a la inversión e implantación de campus, parques y centros tecnológicos en la ciudad y sus alrededores que reúnen empresas del sector (IBM; Oracle; SAP; Holding; Google; Tata Consultancy Services, entre otras), creando un ambiente propicio al fortalecimiento del NT. Evidencias de preocupaciones con la brecha digital.
G	Adhesión a modelos internacionales de gobernanza electrónica y apertura de datos públicos. Creación y acompañamiento de índices de transparencias de la gestión administrativa junto a la academia. Evidencia en la colección y uso de datos en el proceso de decisiones sobre el desarrollo urbano de la ciudad. Evidencias de asociaciones entre el sector público, privado, academia y sociedad civil en el proceso de transformación urbana.
EPS	Evidencias de acciones llevadas a cabo en la divulgación y popularización de la ciencia, la tecnología y la innovación. Uso amplio de aplicaciones móviles gratuitas que permiten a la ciudadanía su participación, el conocimiento del desempeño de los servicios, ocurrencias a tiempo real y la denuncia de eventos o fallas, junto con evidencias de destacada interacción virtual en redes sociales (Twitter, Instagram, Facebook) entre gobierno y ciudadanía.
IFS	Implementación de una plataforma tecnológica en la ciudad, alimentada por diversos sensores y cámaras que recaudan datos e informaciones a tiempo real, que permiten direccionar las decisiones de la gestión administrativa, mostrando resultados positivos a la fecha en la reducción de riesgos y pérdidas materiales y humanas ante inundaciones, mejora en la movilidad, ahorro de energía eléctrica pública y seguridad urbana. Inversión público-privada en la construcción del Distrito Tecnológico (2008), para alojar a las empresas tecnológicas. Apertura gratuita de servicios de internet WIFI en espacios públicos (restaurantes, centros comerciales, hoteles, aeropuertos, plazas, líneas de autobuses). Promoción de la bicicleta como transporte público.
LR	Adjunto al marco legal y regulatorio de Argentina, que viene pasando por transformaciones positivas para salvaguardar la seguridad jurídica de las empresas, y los ciudadanos en torno al tema. Se observa un marco regulatorio favorable y flexible ante los avances tecnológicos.
Ciudad de México D.F. (CM) – México	
NT	Adhesión al modelo de CI, con evidencias en estado inicial de adopción y promoción del uso de la tecnología en el medio urbano. Evidencias y preocupación con la brecha digital.
G	Evidencias de organización gubernamental al respecto, creando consejos y entes administrativos responsables (Consejo Económico y Social de la Ciudad de México D.F; Comisión del Gobierno Electrónico de la Ciudad de México). Elaboración de estándares tecnológicos, estrategias y políticas públicas direccionados al modelo de CI, fomentando del uso de las TICs en la gestión de los servicios de la ciudad, considerando: energía, transporte, urbanismo, salud, medio ambiente, educación, seguridad y protección civil (Programa General de Desarrollo del DF 2013-2018). Evidencias de optimización de procesos administrativos, fomento de la participación social y disminución de la brecha digital (Proyecto Capital Digital-2014). Adopción

	del Gobierno electrónico y apertura de datos públicos sobre transporte público, comercio, salud, protección civil, servicios públicos, entre otro.
EPS	Implementación de programas de educación apoyados con la tecnología, considerando medidas para la formación del capital humano con habilidades digitales, la inclusión digital y el fomento de la cultura digital. Fomento de formación de profesionales en tecnología y desarrolladores de aplicaciones. Amplio uso de aplicaciones en dispositivos móviles inteligentes para denuncias, consulta de la calidad de aire, rutas del tráfico. Evidencias de consultas ciudadanas con respecto a los alcances y contenido de proyectos direccionados al desarrollo de la CI.
IFS	Altas inversiones en el acceso universal a las redes de internet WiFi, creando accesos públicos y gratuitos en plazas, parques y espacios públicos de alta afluencia. Instalación de cámaras para análisis predictivo (15.000 en total) en lugares estratégicos abordando la seguridad. Desarrollo del Sistema de Información para atención hospitalaria en materia de salud
LR	Creación de leyes que viabilizan el uso estratégico de las TICs en la administración pública (Ley de Gobierno Electrónico del Distrito Federal – 2014), así como definen los lineamientos de la ciudad respecto al tema (Ley para el desarrollo del DF como ciudad digital y ciudad del conocimiento);

Rio de Janeiro (RJ) – Brasil

NT	Abertura tecnológica con la adhesión por parte del gobierno local al modelo de Ciudad Inteligente en 2010 haciendo fuerte uso de las TICs. Altas inversiones necesarias para alcanzar el nivel tecnológico adecuado, pero apoyadas financieramente por asociaciones público-privadas.
G	Evidencias de organización gubernamental pese al estado inicial de madurez en la gestión de tecnología. Evidencias locales encontradas con el planteamiento de estrategias a corto, mediano y largo plazo que vinculan el uso de las TICs en la gobernanza (Plano Master de TIC del Municipio de RJ- 2012; proyectos Rio Cidade Inteligente y Rio de Excelencia). Estrategias direccionadas al uso de las TIC's en áreas como: salud y educación, transportes, habitación y urbanización, orden pública y conservación, gestión y finanzas públicas, medio ambiente y sustentabilidad, desarrollo económico, cultura y desarrollo social, cambios climáticos. Creación de entes administrativos responsables de la gestión de la tecnología (IplanRio: empresa Municipal de Informática del Ayuntamiento de la Ciudad; CONSETI: Consejo Estatal de Tecnología de la Información). Implementación de gobierno electrónico y de programas de transparencia y apertura de datos públicos.
EPS	Creciente uso del internet en la educación pública y privada. Introducción de robótica y otros temas de avances tecnológicos en las escuelas. Educación gratuita a distancia. Evidencias en la promoción de la participación social en el diagnóstico de problemas locales a través de las redes sociales y de plataformas on-line (Laboratorio de participación social de la Municipalidad-LabRio; Plan de Movilidad Urbana; georreferenciación de demandas de la población en Mapeando)
IFS	Creación del Centro de Operaciones Rio (COR) - 2010 para controlar y monitorear la ciudad 24 horas al día por más de 500 cámaras y diversos sensores instalados en el medio urbano ayudando en la gestión de la movilidad urbana, la mitigación de la violencia, la previsión de lluvias y su relación con la ocurrencia de desastres socio-ambientales. Implantación de proyectos de infraestructura urbana considerando integración con las TIC's: Puerto Maravilla, Museo del mañana, Ciudad Olímpica, Estadios. Apertura gratuita de servicios de internet WIFI en espacios públicos

(restaurantes, centros comerciales, hoteles, aeropuertos, playas, plazas, líneas de autobuses). Uso de aplicaciones móviles de participación social en la gestión del tránsito y del transporte público (Waze; Caronaê; BlaBlaCar; UBER; vádeônibus; Cittamobi). Alta inversión en infraestructura para mejorar la movilidad urbana (BRT; VLT; Metro) junto con la promoción de la bicicleta como modal del transporte público con los casi 450 km de vialidad construida. Aplicación de la modalidad “Free Flow” en pago de peajes, estacionamientos, compra de gasolina.

LR Adjunto al marco legal brasilero el cual se encuentra en desarrollo, con positivos avances con respecto a la formulación de políticas públicas y acciones gubernamentales referentes al tema tecnológico, al fomento de la seguridad online, la propiedad intelectual, el fortalecimiento de la industria tecnológica nacional e incentivos fiscales. La ciudad cuenta con flexibilidad en crear leyes y regulaciones que resguarden y viabilicen el control.

Santiago de Chile (SC) – Chile

NT Manifestaciones incipientes al modelo de CI. Ambiente positivo al respecto con la abertura a la innovación y nuevos usos de la tecnología en el medio urbano consonante con el modelo de CI, tanto del país como de la ciudad. Estrategias y acciones direccionadas fuertemente al uso de las TICs en la gestión de la eficiencia energética (Smart Energy) y movilidad urbana (Smart Mobility). Evidencias de consultarías europeas en la implementación del modelo de CI, así como de participación de empresas multinacionales y locales (telecomunicaciones, ingeniería civil, del sector eléctrico y energético, industrial y minero) junto con universidades y gobierno en el proceso.

G Claras evidencias de plataformas online gubernamentales: Gobierno transparente, abertura de datos públicos. Evidencias de organización gubernamental, tanto del país como local, en el trazado de estrategias a corte, medio y largo plazo considerando medidas innovadoras, la participación de los actores sociales y el uso de la tecnología (Estrategia de Ciudad Inteligente en el Transporte de Chile)

EPS Uso de aplicaciones digitales con base en la interacción de los usuarios para la gestión del tránsito, en la planificación de viajes, en la movilidad compartida (Proyectos: Cuánto me Demoro, Aventones; Transantiago). Evidencias de organización de la sociedad civil y creación de proyectos colaborativos, espacios creativos y de innovación urbana (FabLab Santiago; Santiago-Do-It-Yourself-StgoDIY-Makers;

IFSU Experiencias exploratorias con el uso de la tecnología en programas de eficiencia energética: Smart City Santiago (Laboratorio urbano al vivo en el Parque de Negocios Ciudad Empresarial). Gestión madura de la movilidad urbana a través de la aplicación de las TICs (Sistemas Inteligentes de Transporte -ITS) direccionada por la Unidad Operativa de Control de Tránsito (UOCT) de la ciudad creada en la década de los 90, atendiendo: control semafórico, sistemas de comunicaciones, sensores, cámaras, paneles de mensajería, plataformas de información, localización georreferenciada de autobuses, control de iluminación, detección automática de incidentes, megafonía, entre otros. Aplicación de la modalidad “Free Flow” en pago de peajes y estacionamientos.

LR Adjunto al marco legal de Chile, la ciudad cuenta con leyes específicas que direccionan el tema de la Innovación y desarrollo, consonantes con las estrategias trazadas de abertura a las TICs en el desarrollo urbano.

5. CONSIDERACIONES FINALES

Las ciudades son buenas aliadas del desarrollo, bien planificadas, tratadas y atendidas ellas pueden ser transformadas nuevamente en un lugar agradable donde todos puedan y quieran vivir, disfrutar de sus espacios y tener calidad de vida. Si bien hoy en día las ciudades LA enfrentan fuertes desafíos, es evidente que el modelo de CI está ganando territorio dentro del contexto latinoamericano, dando la oportunidad a los líderes locales, a través de las bondades tecnológicas, de reinventar e innovar sus espacios urbanos, potencializar la participación de todos los actores, atender las diversas realidades y necesidades sociales, e implementar soluciones factibles y eficientes que combatan los graves problemas que han venido acosando sus espacios urbanos.

Si bien, la magnitud de la ciudad está directamente asociada con la complejidad de sus problemas, dificultando en las grandes ciudades LA el proceso de cambios que el modelo de CI demanda, las llamadas ciudades secundarias LA, caracterizadas por ser de menor tamaño, presentan oportunidades inigualables en la adopción del modelo de CI y el trazando temprano de estrategias de planeamiento y gestión urbana, que favorezcan el desarrollo socioeconómico sustentable, evitando la proliferación de los problemas característicos del medio urbano LA.

Ser una ciudad inteligente y sustentable es iniciar un camino hacia la transformación y evolución constante, no es su destino final. Las ciudades pueden transformarse en inteligentes de diversas maneras, la concepción de las estrategias dependerán de su contexto social, cultural, político, económico y ambiental. Entendiendo la complejidad de las ciudades LA.

De forma general en las ciudades estudiadas se observaron factores favorables de promoción al modelo de CI, evidenciando el trazado de metas a corto, medio y largo plazo en la construcción y el fortalecimiento de las fuerzas propulsoras de su desempeño inteligente, asociando en todo momento el uso de las TICs con los sistemas urbanos, la participación ciudadana y la gobernanza.

En este sentido, también se evidenciaron acciones comunes en la construcción de la transparencia administrativa, a través de portales de acceso online y apertura de datos públicos, todos ellos presentes y en operación activa en todas las ciudades.

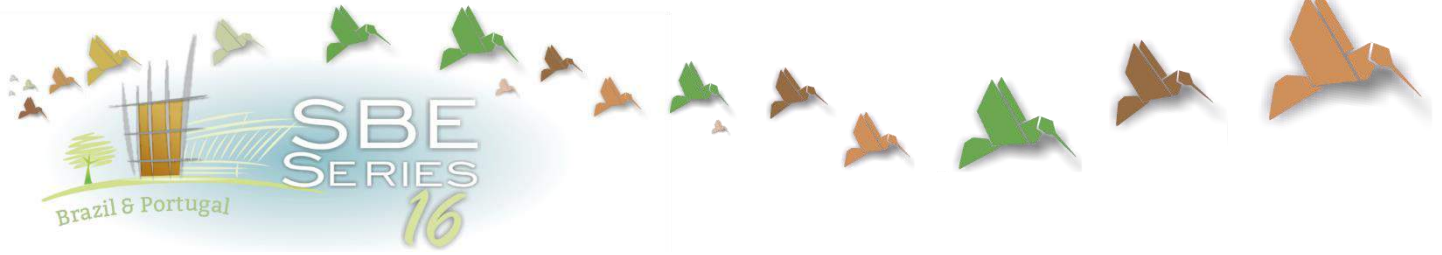
Se percibió el interés también de construir ambientes favorables a la innovación y los cambios tecnológicos, fomentando sociedades entre el sector público-privado, es especial con empresas tecnológicas, así como creando incentivos fiscales que estimulen la instalación de empresas tecnológicas y la inversión privada dentro de las ciudades.

Con respecto al marco legal y regulatorio se observaron acciones direccionadas a la necesidad de revisiones y adaptación de los por parte de los países como de las ciudades.

No obstante, pese al impulso que la región muestra con el uso de la tecnología y los modelos de CI, no debe olvidarse que gran parte de las áreas rurales, así como una porción importante de la población urbana de más bajos recursos, no cuentan con acceso a las TICs, siendo evidente y preocupante el crecimiento de la brecha digital y la aparición de nuevas desigualdades socioeconómicas en la región. Ante lo cual se recomienda que la administración pública y los entes responsables consideren estrategias regionales, nacionales y locales que garanticen el acceso y el uso de las TIC's, capaciten a la población rural y a los más desfavorecidos socialmente para permitir su inserción gradual y sostenible dentro del progreso tecnológico de las ciudades inteligentes emergentes.

REFERENCIAS

- Albino, V., Berardi, U., Dangelico, R. M. 2015. Smart cities: Definitions, dimensions, performance, and initiatives. *Journal of Urban Technology*, 22(1), 3-21.
- Banco Mundial, 2014. Banco de datos mundial. Indicadores del desarrollo mundial. Disponible en: <http://databank.bancomundial.org/data/reports.aspx?source=indicadores-del-desarrollo-mundial>
- Batty, M. Axhausen, K. W. Giannotti, F. Pozdnoukhov, A. Bazzani, A. Wachowicz, M. Ouzounis, G. Portugali. 2012. Smart cities of the future. *European Physical Journal Special Topics*. 214, 481-518. DOI: 10.1140/epjst/e2012-01703-3.
- Batty, M. 2013. Big data, smart cities and city planning. *Dialogues in Human Geography* 3(3) 274-279. DOI: 10.1177/2043820613513390. University College London, London: UK
- Belissent, J. 2010. Getting Clever About Smart Cities: New Opportunities Require New Business Models. Forrester Research, Inc.: Cambridge, MA, USA.
- CAF, 2011. Desarrollo urbano y movilidad en América Latina, Observatorio de Movilidad Urbana. Infraestructura, Caracas, Venezuela.
- Camargo, A.; Peñalosa, E.; Silva, A.; Finguerut, S.; Fernandes, J.; Vegara, A.; Leite, C.; Monzoni, M.; Costa, C.A.; Junqueira, P.; Ruiz, I. 2014. Ciudades Inteligentes e Mobilidade Urbana. *Caderno FGV Projetos*. Rio de Janeiro, Brasil.
- Campbell, T. 2013. *Beyond smart cities: how cities network, learn and innovate*. Routledge.
- CEPAL, 2012. Población, territorio y desarrollo sostenible. Santiago de Chile, Chile.
- CEPAL, 2014. Los pueblos indígenas en América Latina: avances en el último decenio y retos pendientes para la garantía de sus derechos. Santiago de Chile, Chile.
- Chong, A. 2015. Conexiones del desarrollo: Impacto de las nuevas tecnologías de la información. Banco Interamericano de Desarrollo, Nueva York, USA.
- Chourabi, H.; Nam, T.; Walker, S.; Gil-Garcia, R.; Mellouli, S.; Nahon K.; Pardo, T.; Scholl, H. J. 2012. Understanding smart cities: An integrative framework. *System Science (HICSS)*. 45th *Hawaii International Conference*, pp. 2289-2297.
- Cohen, B. 2012. The Top 10 Smart Cities on the Planet. 2012. Co. Exist.
- Criado, J. I. y GIL-GARCIA, J. R. 2013. Gobierno electrónico, gestión y políticas públicas: Estado actual y tendencias futuras en América Latina. *Gest. polít. pública* [online]. 2013, vol.22, pp.03-48.
- De la Selva, A., Rosa A. (2015). Los nuevos rostros de la desigualdad en el siglo XXI: la brecha digital. *Revista mexicana de ciencias políticas y sociales*, 60(223), 265-285
- Gehl, J. 2013. *Cities for people*. Island Press.
- ISO- IEJC JTC. 2015. Smart Cities. Preliminary Report 2014. Geneva. Switzerland.
- ITU. 2016. Shaping smarter and more sustainable cities. Striving for sustainable development goals. *Technical Reports and Specifications ITU*. Geneva, Switzerland.
- Kitchin, R. 2014. The real-time city? Big data and smart urbanism. *GeoJournal*, v. 79, n. 1, p. 1-14. DOI 10.1007/s10708-013-9516-8. Kildare, Ireland.
- Lemos, A. 2013. Ciudades inteligentes. *GVexecutivo*, 12(2), 46-49.
- Marsal-Llacuna, M. L., Segal, M. E. 2016. The Intelligent Method (I) for making "smarter" city projects and plans. *Cities*, 55, 127-138.
- Meijer, A., & Bolívar, M. P. R. 2015. Governing the smart city: a review of the literature on smart urban governance. *International Review of Administrative Sciences*.
- López Moreno, E. (2014). Construcción de ciudades más equitativas. Políticas públicas para la inclusión en América Latina. Bogotá: CAF. Recuperado de <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/489>
- ONU, DESA - División de Población. 2014. World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, Highlights. ST/ESA/SER.A/352. Nueva York, USA. Disponible en: <https://esa.un.org/unpd/wup/Publications/Files/WUP2014-Highlights.pdf>
- ONU, Habitat III. 2016. Policy Paper, 8-Urban Ecology and Resilience. Unedited version.
- Prado, K. C. D.; Dos Santos, E. P. 2014. Smart Cities: Conceito, Iniciativas e o Cenário Carioca. Proyecto de graduación, Escuela Politécnica, Universidad Federal do Rio de Janeiro, Brasil.
- Roberts B. H. 2015. *Gestionando Sistemas de Ciudades Secundarias*. Cities Washington D.C.: Alliance/Banco Interamericano de Desarrollo,
- Trucco, D. 2013. The digital divide in the Latin American context." In Ragnedda, M. and Glenn W. M. *The digital divide: The internet and social inequality in international perspective*. Vol. 73. Routledge, 2013. *The Digital Divide* (2013): 253.



The Sound of the Landscape: through downtown plazas of the city of Vitória, ES.

Deborah Martins Zaganelli

Federal University of Espírito Santo, Department of Architecture and Urban Planning, Vitória (ES), Brazil

debbiezaganelli@yahoo.com

Clara Luiza Miranda

Federal University of Espírito Santo, Department of Architecture and Urban Planning, Vitória (ES), Brazil

claravix@hotmail.com

ABSTRACT: Soundscape is the acoustic environment of a place and over time, it is observed how the sonority of cities are changing along with its development. This research aims to characterize the Soundscape of open spaces with public use of the foundational areas (Downtown and Moscoso Park neighborhoods) of the city of Vitória, Espírito Santo. Selected six major plazas, we question the sound condition of these places, which sounds its users hear and the representativeness of each sound in the local context. The relevance of this research is to present the first systematic records on the Soundscape of Vitória, and the hypothesis is that the sound of a place is part of its identity and significance. The technique used was Content Analysis and the procedures were Bibliographical Research and Case Study. The research objectives directed the delimitation of the subject, such as the spatial selection, time frame and method of measurement. The measurement was taken in three days in December 2013, during four time ranges from 7 am to 22 pm, and through dynamic collections, soundwalks, with drifting paths. The data were summarized, analyzed and diagrammed on a sound map and on graphics containing the representativeness of each sound category. It was concluded that this research has brought awareness of the sound environment of the plazas, presenting the qualitative and quantitative characterization of the Sound Events and Sound Marks, besides of generating data for the creation of a bank of sound memory of the city of Vitória.

Keywords *Architectural Acoustics, Music - Acoustics and Physics, Sound, Landscapes, Maps.*

1. INTRODUCTION

In the history of humanity, the presence of sound is contemplated through science and through the narratives of divine and mythological characters. Auditory memories begin in the intrauterine environment and from the moment which is formed, the sense of hearing begins to function uninterruptedly. The body's protection is done through a psychological mechanism. Sound is an acoustic phenomenon, propagating mechanical energy in a material medium in the form of wave motions, irradiated three-dimensionally in all directions. While sounds have a defined frequency, noise is a physical phenomenon with indefinite pressure and frequency characteristics (Abraham cited by Grandjean; Kroemer, 2005). Between sounds and noises, there is silence. However, for Cage (1961), silence, as the absence of sound does not exist. A concept that can be presented is quietness, defined through the level of sound pressure applied to an area. In Brazil, the Technical Standard NBR 10151 (ABNT, 2000) sets the evaluation criteria for populated areas. In Europe it is defined in the Directive 2002/49/EC of the European Parliament and Council of the European Union (2002).

Sounds are organized in the dimension of time, and the ears discriminate the information in time and space. The audible spectrum of the human ear ranges between 20 Hz and 20,000 Hz, but the ability to listen is also related to the frequency (Lent, 2010). When the body is exposed to high-intensity sounds, the sensitivity to frequency ranges can be affected, causing hearing loss and non-hearing disorders such as physical, physiological and psychological damage.

Hearing and listening are different actions that involves hearing, but may include other senses. For Pierre Schaeffer (1966), a form of pure listening is the acousmatic where other senses does not interfere. According to the composer, acousmatic listening assists the refinement of the sense of hearing. Schaeffer (2007) identifies a particular way of listening, described as Reduced Listening, consisting of a practice of Listening and Understanding mode.

Environments are filled with sounds and soundscape is a neologism to describe the sound ambience or any portion of the sonic environment when seen as a field of study (Shafer, 1997). For Truax (2001), soundscapes also relates to the way that individuals and culture perceives and responds to the sonic ambience. Senses allow humans to have feelings for the space and sounds "dramatizes the sensory experience", widening the perception of what the eyes do not see (Tuan, 1983, p.18). Sound helps to create a sense of place.

The soundscape is composed of different elements and one of the subprojects of the World Soundscape Project, discussed systems to catalog it (Shafer, 1997). Sounds can be classified according to physical characteristics, aesthetic qualities, or as referential aspects, its function and meaning (Shafer, 1997). In one approach to categorizing sounds, Krause (2008) proposed the term Biofonia due to the need of researchers to express sounds of biological origin in a particular habitat, without human interference. Krause also brings the term Geofonia for non-organic nature sounds (like sounds of the wind, water, climate and geophysical origin) and Antropofonia, sounds produced by humans and their creations.

These studies of the acoustic environment enables the observation of patterns and changes that occur over time in places and it is presented in maps with several objectives: Music Soundmaps, Audio Guides Soundmaps, Oral History Soundmaps, Noise Maps and Soundmaps of Soundscapes. The last type has emphasis on the study of soundscapes, aiming to archive, analyze and share the sounds of different environments. Field recordings are the first step for the production of information in this type of map. The second step is to identify the Sound Events and classify them. The third step is the cartography of the map, make it available online, may or not being collaborative, with public contribution data and open license.

Soundscapes can go beyond listening and characterize the environment, also rearranging and composing music with them. The practice of soundwalk was a method developed to identify the soundscapes. Soundwalk is a meditative walk, a tour which main purpose is to listen to the environment and educate the ears (Westerkamp, 1974). The action can be performed individually or in groups, in a large or small geographical area, with or without recording (Westerkamp, 1974).

2. MATERIALS AND METHODS

This article presents the characterization of the soundscape of public use areas of the foundational site of the city of Vitória, Espírito Santo, in Downtown and Moscoso Park. As developments of this central objective, the current bibliographic production and soundmaps were discussed; a methodology for the systematization and analysis of soundscapes was developed; data of each environment at different times and days were articulated; and a document that allows to start a database of the study of the soundscape and the sound memory of the city of Vitoria was created.

The approach was made through a qualitative and quantitative research, describing the phenomena occurring in the natural environment, using the researcher as the key instrument, turning the information into numbers, in order to analyze them and classify them (Silva; Menezes, 2005). In this work, the sound of urban public environment is the object of study, being translated through a semantic interpretation, the quality of the sound signal, and quantified counting the frequency of occurrence. The technique used was Content Analysis defined by Bardin (2009). Minayo (2002, p.74), addresses the quantitative aspect of this technique, done by "frequency count of appearance features in to the messages content." From the definition of Schaeffer (2007), the aim of this study identifies the sound through the concept of listening, with a semantic analysis.

The objectives directed the delimitations, such as the spatial area, the time frame and measurement method. Other limiting factors influenced, as the period available for the research, equipments, financial and human resources. One researcher made the data collection and one volunteer complemented with photographic records.

The occupation process began in 1536-37 in the central and foundational area of the city of Vitória, Espírito Santo, later expanding through the island from the village founded in 1551-52. The areas of Downtown and Moscoso Park have historical character, containing the most significant buildings, public spaces, monuments, plazas and parks: Moscoso Park and the Plazas João Clímaco, Oito de Setembro, Presidente Getúlio Vargas, Costa Pereira and Ubaldo Ramalheite Maia (Figure 1).

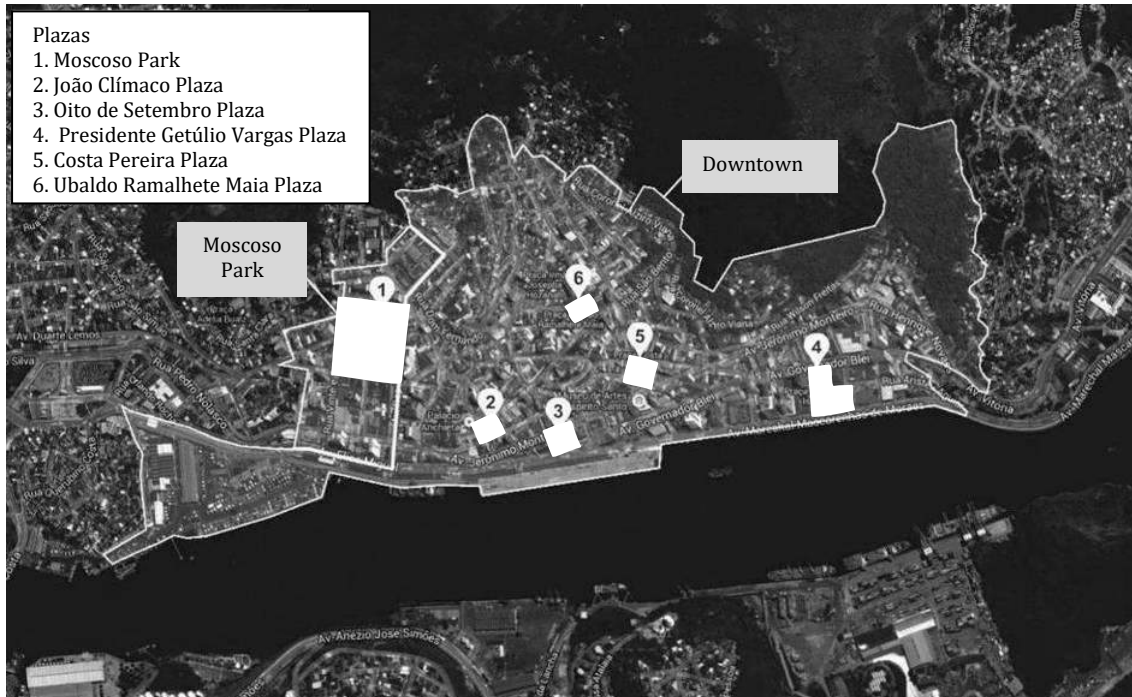


Figure 1 - Location of the neighborhoods and plazas. Source: Google Maps (2014).

The measurement was carried during three days of December 2013, in four periods throughout the day, covering the acoustic peculiarities relating to each time: H1 (from 7 to 10 am), H2 (from 11 to 14h), H3 (15 to 18h) and H4 (from 19 to 22h). The recording time was determined in 10 minutes, through drifting soundwalks, inspired by the "Theory of the Dérive" (Debord, 1954 cited by Jacques, 2003).

Audio recordings and photographs were made, and also sketches of the paths, notes, and relevant informations. A Digital Audio Recorder was used, with wind protection foam, Q3 model, Zoom, generating stereo files in MP3 format. A headphone MDR-ZX100, Sony, allowed to monitor the recordings. Pictures and videos were taken with a digital camera (model D3100, Nikon), generating files in JPG and MOV format.

The systematization of the records proceeded. Audio files were made available on the internet through the platform Soundcloud (Soundcloud, 2014). To cartograph the data collected, the platform "The Sound of the Landscape" was created using Google Maps Engine Lite (Google Maps, 2014), and the paths were georeferenced and identified with links to the audio files. To share the content, the page SoundwalkVix was created on the website <<http://soundwalkvix.blogspot.com.br>>.







The analysis of the sound recordings were made with the software Sonic Visualiser (2013). The characterization of the Sound Events proceeded with the counting the number of events in each frame of one second of recording. At the end the composition of the events was obtained, with the categories and amounts. After analyzing the Sound Events, a spreadsheet with the number of occurrences was generated, with values in percentage related to the total duration of the recording. The taxonomy used was developed based on proposals of Schafer (1997) and Krause (2008), plus local references, resulting in four main groups, Antropofonia, Biofonia, Geofonia, Stillness and Silence.

The data were organized into individual frames containing the identification of the place, day, time, weather conditions at the time of measurement, the traveled path, the oscillogram, audio spectrogram, images, sound path description and the result containing the set of sounds present in the recording and its representation in percentage. The results were discussed, characterizing the particularities of each one, demonstrated with a chart.

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

The physical characteristics of each square are shown in Table 1.

Table 1 - Summary of the characteristics of the plazas.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Morphology						
Flooring	Sand, Concrete Block, Gravel, Cement floor	Stone Mosaic	Stone Mosaic	Stone Mosaic, Concrete Block	Stone Mosaic	Stone Mosaic
Function	Contemplation Sports, Leisure	Contemplation	Contemplatio Civic	Contemplation Commerce	Contemplation Commerce	Contemplation Sports, Leisure
Landscape	Bush, Tree, Grass, Herbaceous, Palm tree	Bush, Tree, Grass, Herbaceous	Tree, Herbaceous	Bush, Tree, Grass, Herbaceous, Palm tree	Bush, Tree, Grass, Herbaceous, Palm tree	Bush, Tree, Grass
Equipments	Academy, Arch, Bench, Bridge, Fountain, Lake, Cabin, Sports Court, Garden, Light Fixtures, Game Table, Playground, Monuments	Garden, Grotto, Light Fixtures, Monuments	Garden, Bench, Light Fixtures, Clock Tower	Bench, Vending Tent, Newsstand, Light Fixtures, Garden, Monuments	Garden, Newsstand, Vending Tent, Bench, Light Fixtures, Monuments	Academy, Garden, Bench, Newsstand, Monuments, Light Fixtures, Game Table, Playground, Sports Court
Buildings	Administration, Acoustic Shell, Chapel, Snack Bar, Substation	Bandstand, Stairway		Public Bathroom		Pergola
Sound sources	Fountain Academy		Clock Tower, Telephone	Vending Tents, Telephone	Vending Tents, Telephone	Academy
Area	24.000m ²	1.500m ²	2.100m ²	7.500m ²	2.900m ²	1.300m ²

Moscoso Park (P1) can be characterized as an urban soundscape, predominantly with leisure, contemplation and sports ambience. The differentiation of Sound Events occurred along the days and times was mainly due to the variation of uses and users of the park.

Plaza João Clímaco (P2) presents an urban-maritime soundscape, due to the proximity to the port and its characteristic sounds as continuous engines, as well as urban sound. In general, it can be understood as a space dedicated to contemplation and with the presence of many birds.

Plaza Oito de Setembro (P3) contains an urban-maritime soundscape, with the presence of continuous sounds of the harbor, sometimes masked by the sounds of traffic. This soundscape can be described with the predominance of traffic sounds.

Plaza Presidente Getúlio Vargas (P4) is also an urban-maritime soundscape due to its inclusion of important avenues, surrounded by commercial buildings and its proximity to the port and its characteristic sounds, such as engines and ships.

Plaza Costa Pereira (P5) has an urban soundscape basically with a social, commercial and contemplation ambience. The square is often used as a break in the commercial route of the city, with the use of seat benches under the shadows of trees.

Plaza Ubaldo Ramalheira Maia (P6) is inserted in a community ambience. It is an urban atmosphere where spatial appropriation is made by people of different age groups, interacting with the equipment offered. Quiet moments, without the existence of traffic, were also perceived.

The categories of sounds were listed and identified as shown in Table 2. The data collected on different days and times, were organized into individual worksheets comparing the variations of the soundscape. In this article we show the data Plaza Ubaldo Ramalheira Maia with the highest diversity of sounds, as seen in Table 3. The general characterization of the soundscape throughout the day and measurement times are shown in Figure 2. In this figure, the horizontal axis values (1 to 44) represents the categories of sounds and the vertical axis shows the percentages of each category.

Table 2 - Sound categories and their numerical references to the graphics in Figure 2.

Categories			No.	
Anthropophony	Human Sounds	Sounds of the body	Footsteps	1
			Hands clapping	2
		Sounds of the voice	Speaking	3
	Sounds as indicators		Bells	4
			Whistles	5
			Telephones	6
			Alarms	7
	Sounds and Society	Trades, Professions and Livelihoods	Street sweeper	8
			Vending tents	9
		Factories and offices	Shipyards	10
			Entertainments	Sports events
			Radio	12
			Tv	13
		Music	Live music	14
			Electronic music	15
			Advertisements	16
		Festivals	Fireworks	17
			Religious event	18
		Parks and gardens	Fountains	19
			Academies	20
	Playground		21	
	Mechanical Sounds	Aircraft	Airplane	22
			Helicopter	23
		Transportation machines	Internal Combustion Engines	24
			Hoots	25
Sounders			26	

Categories		No.	
Anthropophony	Alarms	27	
	Bikes	28	
	Manhole cover	29	
	Construction and demolition equipment	Drills	30
		Hammers	31
		Saws	32
		Compressors	33
		Other machines	34
	Ventilators and air conditioners	35	
	Biophony	Birds	36
Insects		37	
Dogs		38	
Bats		39	
Geophony	Air	Wind	40
		Thunder	41
	Water	Rains	42
		Earth	Trees
Quiet and Silence		44	

Table 3 - Soundscape of Plaza Ubaldo Ramalhete Maia in the 3 days and 4 hours of measurement.

	Day 1				Day 2				Day 3			
	D1H1	D1H2	D1H3	D1H4	D2H1	D2H2	D2H3	D2H4	D3H1	D3H2	D3H3	D3H4
1	1,0	1,2	5,0	0,3	37,8	6,7	0,5	35,3	6,3	13,2	9,6	7,2
2	2,8			1,2			1,3	0,7	0,5		0,7	1,0
3	95,2	100,0	100,0	100,0	84,4	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
6		0,2	0,5									
9											13,1	
8			4,2						3,0			
11			29,8						23,2		14,3	10,7
12											2,7	
13				3,7			20,0	22,7			81,3	48,5
14				7,5			68,7	26,3				
15	0,8	1,7	7,7	78,5	4,5	81,2	72,8	39,3			7,9	2,3
16										45,5		
20	1,7	11,8	12,5	73,1	5,5				12,7	2,5	4,4	
21												13,5
24	75,3	100,0	100,0	7,3	79,8	55,3	24,8	100,0	100,0	100,0	100,0	45,0
25	2,8	1,0	0,8		0,2	0,2		0,5		0,3	2,7	0,5
28	1,0		4,2			0,2	0,8		0,2		0,2	0,2
27			3,2									
29											0,2	
30										4,8		
34										0,2		
33	0,3		2,5	1,0	1,0	1,0		0,3	4,8	5,2	5,7	
36	97,7	97,2	89,3		100,0	70,7	6,5	0,8	70,3	78,9	75,6	1,0
37												28,8
38	0,8		1,2		4,5	6,8		1,5			1,7	
40									11,8	9,0	0,7	2,0
42									100,0			
43										2,7		7,9
44						20,2						9,5

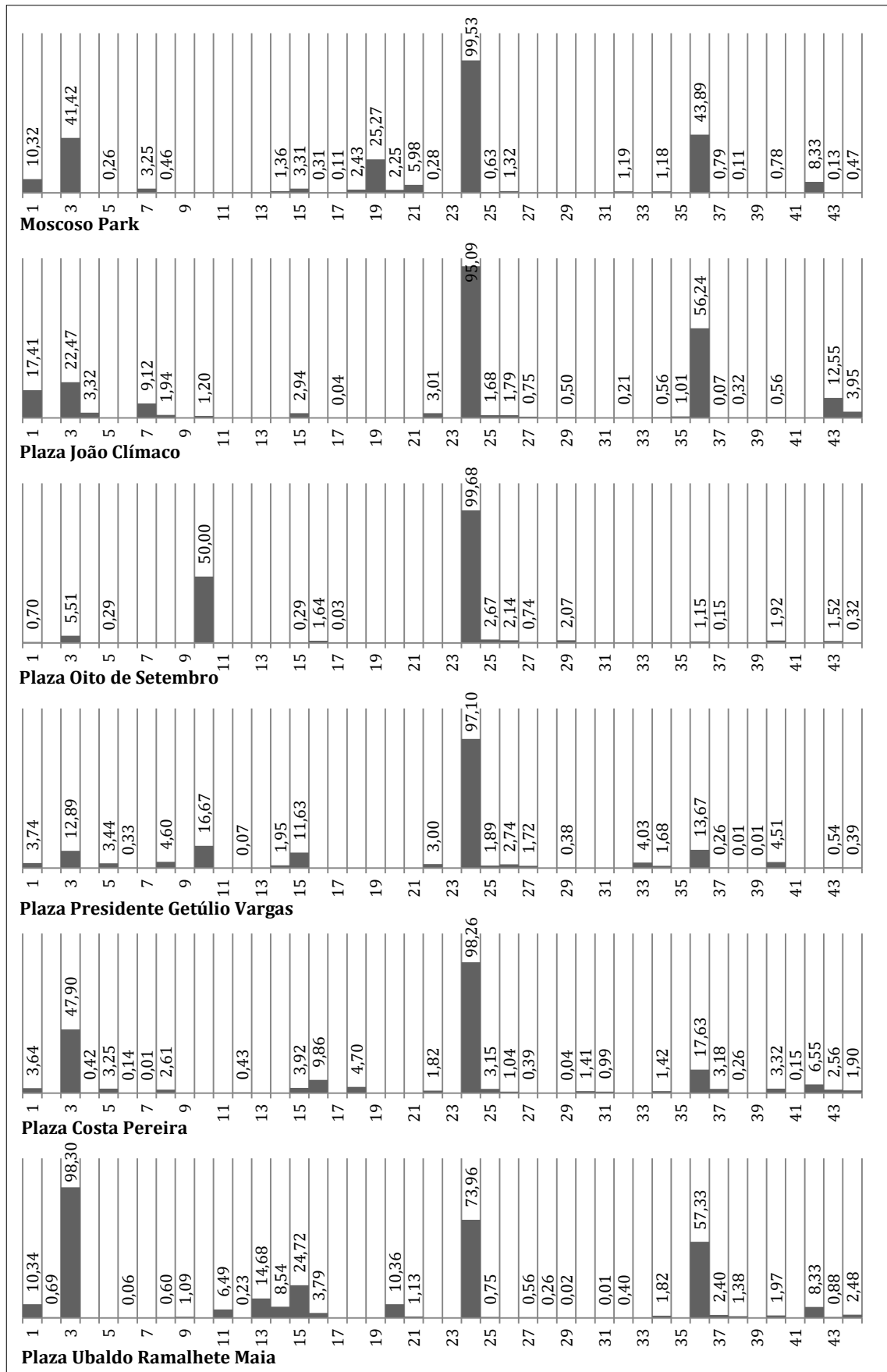


Figure 2 - Set of graphics of the total soundscape of each square.

4. CONCLUSION

In this research, some restrictions limited the spatial area, time and method of measurement. As a suggestion for future research, it is possible to extend the data collection period and the spaces under study. There was a big difference between the sounds of the streets, just as during the days and researched times. It was identified that the Plaza Oito de Setembro has the lowest diversity of sounds, while Plaza Ubaldo Ramalheira Maia has the greatest diversity. The Sound Marks characterized are the sounds of the Cathedral bells, presented in the recordings of Plaza João Clímaco, the fountains of Moscoso Park. The sound of the clock tower of Plaza Oito de Setembro could be part of this item, if it was in operation at the time.

The experience of analyzing the soundscape is distinct from the collection time and the later analysis of the data. During the collection, the body moves and is sensitive to various stimuli, in addition to listening, recognizing more precisely the spatial location and identifying the sources. In the analysis phase, the attention is completely focused on the task and the perceived complexity of soundscape increases. However, some important information is lost in the recording process, the spatial location of the sources and the translation of some sounds difficult to recognize. The location of the low-frequency sounds is more difficult, and the notes taken along the data recording are essential to complement the information.

On one hand it is fundamental to the work of an architect and urban planner to observe the acoustic impacts of their design decisions, considering also the acoustic ecology of environments before interference. On the other hand, the municipality should also monitor the quality of the sound ambience, to plan, control and legislate in accordance with population, in a participatory manner. A great tool for this assistance is the development of skills through the practices presented in this work and the development of studies like this, in partnership with acoustic mappings.

The soundwalk technique was effective for the general characterization of landscapes, learning the dynamics of different ambiences in one recording, developing auditory perception, the awareness of categories and predominance of sounds in the environment. In a second step, based on the resulting data, you can leave for a specific characterization of the Sound Events, with individual recordings.

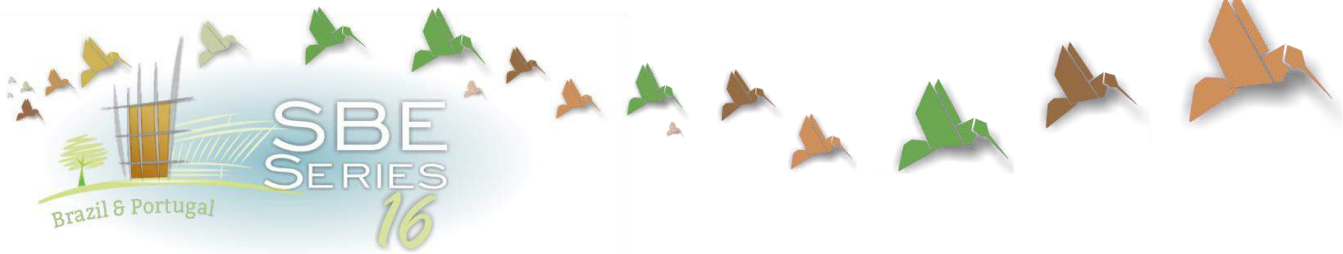
Many other observations could be added once the collected material is a vast source of information. However, it is concluded that the observations described are sufficient for the purposes proposed in this work. The methodology developed and applied contributed to the characterization of the soundscapes. Understanding the importance of considering the soundscape features in acoustic studies, in addition to the intensity levels of studies, was verified by demonstrating the richness of sound categories composing the environments.

5. ACKNOWLEDGMENTS

Department of Architecture and Urban Planning of the Federal University of Espírito Santo, Municipality of Vitória, CAPES.

REFERENCES

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2000. *NBR 10151: Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade*. Rio de Janeiro: ABNT.
- Bardin, L. 2002. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70.
- Cage, J. 1961. *Silence: lectures and writings*. Middletown: Wesleyan University Press.
- Debord, G. 1997. *A sociedade do espetáculo: comentários sobre a cidade do espetáculo*. Rio de Janeiro: Contraponto.
- Google Maps. 2014. *Google Maps*.
- Grandjean, E. & Kroemer, K.H.E. 2005. *Manual de ergonomia: adaptando o trabalho ao homem*. Porto Alegre: Bookman.
- Jacques, P.(Org.). 2003. *Apologia da deriva, escritos situacionistas sobre a cidade*. Rio de Janeiro: Casa da Palavra.
- Krause, B. 2008. Anatomy of the soundscape: Evolving perspectives. *Journal of the Audio Engineering Society* 56.
- Lent, R. 2010. *Cem bilhões de neurônios?* São Paulo: Atheneu.
- Minayo, M.C.S. 2002. *Pesquisa social: teoria, método e criatividade*. Petrópolis: Vozes.
- Parlamento Europeu e Conselho da União Européia. 2002. Directiva 2002/49/EC L189, de 25 de junho de 2002. Relativa à avaliação e gestão do ruído ambiente. *Jornal Oficial da União Européia*.
- Schaeffer, P. 2007. *Solfejo do Objecto Sonoro*. Paris: INA - GRM - Groupe de Recherches Musicales.
- Schaeffer, P. 1966. *Tratado de los objetos musicales*. Madri: Alianza Editorial.
- Schafer, M.R. 1997. *A afinação do mundo*. São Paulo: Editora Unesp.
- Silva, E.L.; Menezes, E.M. 2005. *Metodologia de pesquisa e elaboração da pesquisa*. Florianópolis: UFSC.
- Sonic Visualiser. 2013. London: Centre for Digital Music Queen Mary University of London.
- Soundcloud. Plataforma para criação e compartilhamento de sons.
- Truax, B. 2001. *Acoustic Communication*. Westport: Ablex Publishing.
- Tuan, Y. 1983. *Espaço e lugar: a perspectiva da experiência*. São Paulo: Difel.
- Westerkamp, H. 1974. Soundwalking. *Sound Heritage*, Victoria B.C., v.3, n.4.



Urban Housing as Possibilities of Sustainable Communities

Rosa Maria Locatelli Kalil

University of Passo Fundo, Faculty of Engineering and Architecture, Graduation Program in Civil and Environmental Engineering, Course of Architecture and Urbanism, Passo Fundo (RS), Brazil
kalil@upf.br

Adriana Gelpi

University of Passo Fundo, Faculty of Engineering and Architecture, Graduation Program in Civil and Environmental Engineering, Course of Architecture and Urbanism, Passo Fundo (RS), Brazil
agelpi@upf.br

ABSTRACT: The housing policies of Program Minha Casa Minha Vida have produced social housing in Brazil, generating urban developments and housing projects in several cities. Most of them are situated in areas of urban sprawl, generating displaced urban appendices of the consolidated urban fabric. This paper presents a case study in Passo Fundo (RS) that combines private construction with public investments, with the characteristic diversity of typologies, building technology and streamlined the gradual provision of community facilities. The analysis is based in methods and concepts of full valuation of residential areas proposed by Montaner, Muxi & Falagan (2011). In preliminary investigation, the new development presents a number of facilities and sustainable improvements such as: landscape, infrastructure and urban facilities: - paving roads with walks for pedestrians; - School child education; - Elementary school and sport center under construction; - public transportation; - Health equipment; - Shed recycling waste; - Environmental preservation area along the stream; Set and housing unit: - differentiated housing typologies: terraced houses, detached houses, houses with apartments; - Sanitation in the condos themselves; - Housing units with parking for vehicles; - Use of solar heating for water; - Balconies in the apartments. As a result, it appears that even in private enterprises, the tools "to inhabit the present", that consider housing as part of urban design can contribute to the resulting urban morphology of new landscapes get better quality and sustainability, provided that effect the corresponding public housing policies.

Keywords *housing policies, typological diversity, community facilities, urban landscape.*

1. INTRODUCTION

Recent public policies for social interest housing in Brazil have created scenery of new condominiums and lots in the Brazilian cities outskirts. The urban morphology of the outskirts rebuilds itself and standard complexes of repetitive housing units are added to the informal space. The urban form, intentionally produced, moves the unique and unexpected from the self-construction, intending to standardize and meet the demands that are suppressed on a massive and questionable reproduction of ghettos with no sense of belonging to the cities. According to Maricato (2011), it is verified that despite the criticism to the process of the social housing construction implemented in the country in the late twentieth century, the dimensions, uniformity and distancing of urban facilities.

In Passo Fundo, Rio Grande do Sul, the low-income housing in study differentiates from others by being located in a legal expansion area of the city, planned in its Master Plan of Integrated Development (2006) and by showing varied housing typologies, constructive system that is differentiated with relation to the standard constructions of conventional housing programs and by hosting different social housing fractions. In a city which shows positive population growth, these elements presuppose some differentiation when building new landscapes, thus the lot and the low-income housing analyzed are found in an expansion area of the city.

1.1 Definition of the theme

This work approaches the formation of new urban landscapes from the implementation of social housing centers in peripheral areas of the Brazilian medium-sized city. Studies by Maricato (2011), Bonduki et al. (2012) and other Brazilian researchers evaluate the dynamics of the housing policy from the implementation of the Ministry of the Cities, the resume of housing financing and urban development. They emphasize the difficulty of evaluating their effectiveness towards the reduction of the deficit; the qualification of the habitat and the continuity of programs due to the diversity of situations in the territory, because of the lack of reliable and independent operational and administrative structures of political management in all federal bodies.

Program Minha Casa Minha Vida (MCMV-My Home My Life Program) was a mark in housing policies because it allocates a high volume of direct subsidies for purchase and giving priority to low-income families, according to the Housing National Plan. The families with an income of up to three minimum wages (group 1) received higher subsidies, and those with an income from three to six minimum wages received lower subsidies (group 2). Yet, the families with an income from six to ten minimum wages (group 3) were benefited from the reduction of taxes and other advantages. With relation to the previous projects, there was an excessive stretching of the income groups, benefiting segments of the medium class and generating market for the private sector. The high volume of subsidies direct to housing is the backbone of the MCMV social program, making the policies uncertain, since the suspension of subsidies will paralyze the whole system in its surroundings (Meyer, 2014: 117).

According to Shimbo (2012), when analyzing the role of the construction companies in this process, "the production of the cities in Brazil has deeply changed in this early twenty-

first century. In a period of five years, mostly between 2006 and 2010, large construction and developer companies that started to offer housing for low-income population provided a fast pace towards the verticalization and spreading of the urban morphology“.

Nevertheless, more demanding of the program and Caixa Econômica Federal (Federal Public Bank) is observed with relation to the insertion and urban quality. Meyer (2014) points that the projects presented must contemplate the local urban issues of the business: transportation, lighting, garbage collection, water supply and energy, sewage solution and insertion in the urban net. Program MCMV 2 demanded to provide drainage, paved access routes, sidewalks, curbstone and gullies, besides the “project environmental adaptation”. As for location, it limits to demand the “location of the terrain in the urban net or in the expansion area that meets the requirements established by the Ministry of the Cities, by observing the Master Plan, when there is one”, and the demanding or commitment of the local public power of installing or improving equipment and services related to education, health, leisure and public transportation. “Anyway, when moving the population to distant locals, this model saturates the road system, degrades the environment and segregates the dwellers socially, making the access to job opportunities and services more difficult, which constitutes the greatest weakness of program MCMV” (Meyer, 2014).

In Passo Fundo, a medium-sized city in the north of Rio Grande do Sul, Brazil, in the decades from 2000 to 2012, the social housing programs began to be carried out by the municipal government with the support of federal resources and the local counterpart, being accomplished by private construction companies. In program Minha Casa Minha Vida, the most current low-income housing is receiving complete urbanization such as road network and paved sidewalks, public lighting and community equipment nearby.

1.2 Case in study: Jardins Nativos

The objective of this research is the low-income housing named Jardins Nativos (Native Gardens), housing programs of social interest of program Minha Casa Minha Vida, located in Vila Donária, Sector 8 – District Santa Marta, in a peripheral area, which is 6 km distant from downtown of Passo Fundo. In this area it is planned the urban expansion and housing densification, according to the Master Plan of Integrated Development (2006) and the urban municipal plan (2012) approved by the Inter-American Bank of Development. In this area, more recent housing plans that present differentials as for housing typologies and construction technologies carried out in conventional lots, are located.

Sector 08 counts on an area of 5.61 km², consisting of an urban expansion area, where in 2010 it counted on a population of 5.355 inhabitants and a demographic density of 954.55 inhabitants/km² (IBGE, 2010). This sector is receiving investments from the municipal urban plan, where it is a priority for the implementation of social projects. Several housing projects, denominated Vila Donária (2010 and previous years), were implemented in it. However, there are still few urban equipment: fundamental and high schools, elementary school, health unit, social assistance center, churches and small-sized business. This sector does not present public green areas nor public equipment for sports or leisure activities, but some private clubs only (Fig. 1).

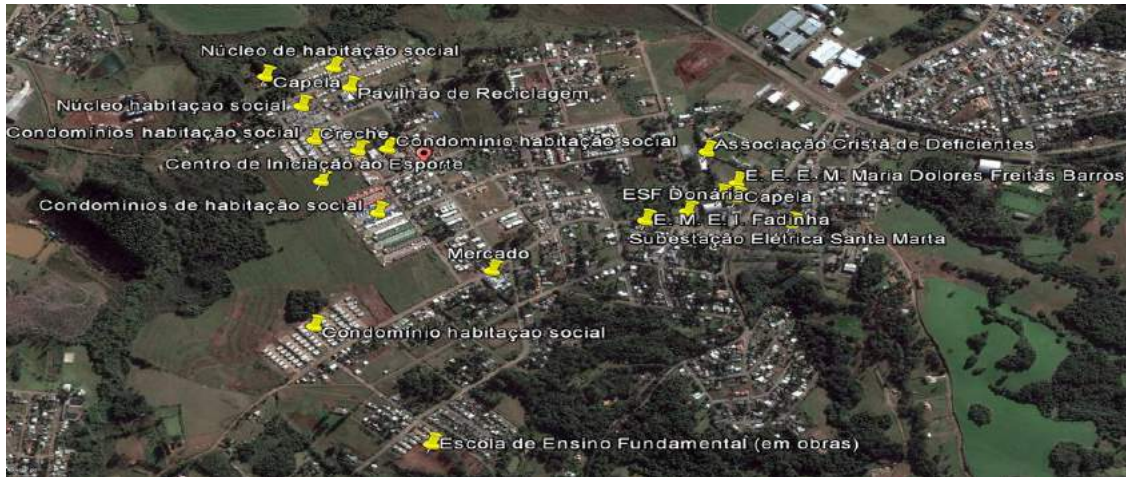


Figure . Panoramic view of Vila Donária and condominium Jardins Nativos. Source: Elaboration of the authors on the satellite photograph of Google Maps, 2016

Condominium Jardins Nativos has been implemented since 2012 and it is subdivided into 17 closed condominiums, where each of them will count on 24 housing units, in different modalities (isolated, ground twin houses, story-buildings), and that it will be financed through a partnership between the City Hall and Caixa Econômica Federal by means of Program Minha Casa Minha Vida. It is located in an area of 40 hectares, delimited by streets Dona Georgina Schell, Muçum and Miguelzinho Vargas, in the southwest of the neighborhood, with preservation area to the west. The area was designed as Special Zone of Social Interest in the legislations of 2009, 2010 and 2011.

The infrastructure of the road network has been built, part by the incorporating company, and part by the City Hall. The electricity grid was implemented by the concessionaire and the sanitary sewage system of each condominium makes part of the infrastructure Project of Condominium Jardins Nativos. It has been implemented by the constructor that is responsible for the work. Parcels of the area are donated to the City Hall for streets arrangements, the construction of elementary schools and sports center.

In an initial assessment of the area where the low-income housing researched (2016) is, we can list the following infrastructures and equipment existent or recently implemented: Landscape, infrastructure and urban equipment: paving of lanes with sidewalks for pedestrians; elementary schools; fundamental schools, work in progress; sports initiation center in projects; public transportation; health equipment; shed for garbage recycling; and environmental preservation area together with a stream. Unit and low-income housing: differentiated housing typologies: twin houses, isolated houses, story-buildings; use of typologies and varied coloring for the construction of condominium identities; sanitation in the condominiums; housing units with parking for vehicles; use of solar heating for water; and balconies in the apartments.

1.3 Methodological procedures

This study proposes a research based on the analysis of housing typologies and construction systems, their integration or as opposed to the pre-existent housing and the formation of the municipal and local urban landscape. The housing areas will be studied in as for their intra-urban aspects as well and their social housing programs. Considering that the new low-income housing of this sector has been encouraged by the municipal

urban plan, the main hypothesis is that there will be a fast urban fabric constitution with different uses surrounding the mono-functional area (housing). In contrast with and as opposed to the pre-existent city and these low-income housing with a differentiated morphology, the low-income housing arises with a new polarity in the city. The dwellers demand the construction of urban spaces fitted with infrastructure in the neighborhood, like community services and equipment as well as full integration to all spaces in the city.

The work is in progress, based on Werna (2001), a methodology that combines the evaluation of the product – in this case, the housing unit and its collective, with an assessment of the process that includes an analysis of the institutional mechanisms used by the municipality, that is, the programs adopted, their implementations in urban areas and the evaluation of the social agents involved in the housing acquisition. After an overall characterization of the low-income housing its urban insertion will be assessed, where urban insertion is understood as a form the uni and multi-familiar housing units are linked with and in the urban space, considering its location, adaptation to its surroundings, its connections with infrastructures and public services.

In the analysis of the low-income housing, methods and basic concepts of full valuation of housing areas proposed by Montaner et al. (2011) will be used, in relation to the theory of “Inhabiting the present”, where the authors reflect on the housing unit in a contemporaneous context of cultural, social and technological changes, grouping a series of issues in four great areas: 1) society, 2) city, 3) technology and 4) resources.

With relation to Society (1) contemporaneous, the authors emphasize re-adaptation and differentiation of the Family groups composition; where the position of the supportive family chief, mother and large number of children must be reviewed, and whose structure is no longer rigid and hierarchical; the residence begins to be a space of work and storage. It is observed that the new social contemporaneous standards demand different housing typologies. Thus the heterogeneity of the current society with different income levels, multi-faceted family, diversified types of professional occupation, gender, levels of differentiated studies, demographic structure changing, and endogenous changes in the family structure significantly change typology and morphology proposals for the low-income housing that will be proposed.

With relation to City (2), the authors question the relationship of the housing unit with the urban space, observing that housing must be inserted in the city and not being its continuity. In this sense, the values of proximity; the relationship of housing with public space; living spaces; as well as intermediate spaces, assume, perhaps, greater importance than the housing unit. Proximity values are strengthened, where the dwellers must carry out maximum activities on foot, using alternative paths, where they may have several options, easy access to public transportation, daily basis purchase, education, work, health, sports, leisure and equipment of the neighborhood. The authors say that the residence must be understood as the “urban project”, that is, the residential project must be seen as part of a balanced urban project. The housing units cannot be autonomous parts. When they are functional they must enable the community and social network strengthening creating the real city based on a good urban project (Montaner et al. 2011: 45).

With relation to Technology (3), the authors approach systematization, technological adaptation of the housing unit installations. They suggest putting humid areas into a

group; construction quality and adaptation, which must, necessarily, house technological innovations, including the residence in an even more mutant reality. Within this reality, it is necessary to think about new devices that offer alternatives to conventional strategies for one type of family. Design answers must be able to adapt to various factors such as flexibility, one of the important conditions to the housing space, keeping an adequate articulation with the systems, structures and construction elements. These elements, as well as the building closure and installation must be taking into account in order to allow greater evolution and adaptation to the users' changes. (Montaner et al. 2011: 51-54).

The tightness of the project and building must not become obstacles to the changes and adaptation of the residence to the specificities of each family, in a society that has been changing. They contain technical devices that make the building growth feasible, making the internal spaces modifications and installations and update possible. This desired construction adaptability and flexibility might be obtained through the use of structures like large lights, façades with equidistant repetition from emptiness, availability of light partitioning, mobile elements which may be easily fixed or changed into installations.

Approaching the issue Resources (4), the authors propose the resumption of project parties, a little vernacular, but forgotten because of the use of new technologies, electricity, air conditioning, elevators, not remembering the passive and active use of the urban weather, cross ventilation, energetic efficiency, waste and material recycling, dos inputs and energy. They emphasize that studies for the building implementation, taking into account better use of natural light must be reused, as well as the exploration of façades and coverages suitability. Façades must be accepted not as closures, but as thermal capacity elements and solar energy collection. Glazed areas together with the bioclimatic quality of housing and its sealing provide adaptation to the surrounding area, through semi-permeable versatile membranes, translucent and transpiring filters. Then, plural façades must be based on the project premise, where they would be different because of their direction, searching for natural light and ventilation, installation of photovoltaic cells, use of water heating, heating system, gray water and waste management.


2. RESULTS OF THE STUDY CASE ANALYSIS

2.1 Analysis with relation to the Society issue

District Santa Marta, where Vila Donária is located in, is characterized by a low-income population. It arose near the power transformer station implemented for four decades and along with the access road to the rural district. Having precarious housing in the beginning of its construction, it was denominated village Brasília; after that, low pattern housing arose, that is, self-constructed housing. The neighborhood counted on reduced community equipment: a school, a church and a social assistance institution. Besides popular lots, in the decade of 2010, it started to receive centers of social housing, contributing to the assistance of low-income families that came from other areas of the city. Other private businesses carried out in program Minha Casa Minha Vida offered apartment buildings and also isolated houses, bringing a population whose socioeconomic status is higher than the one herein studied, contemplating the economy heterogeneity and diversifying the landscape built. In the same program MCMV there was the construction of dispersed units of individual owners. Today, the neighborhood counts on a scattered population in uni-

familiar housing, which are far from the job market, socialization and neighborhood relationship. The community has little access to public transportation and equipment.


The Project plans the construction of about 17 small housing condominiums, where 13 are already built and inhabited. Three condominium typologies were planned for two socioeconomic groups of population and in accordance with the financing possibilities of the Program. The twin houses typology is addressed to a low income population, whose Family income is from 0 to 3 minimum wages, fitted in group 1 of financing (Fig. 2).



PMCMV - Group1	Closed condominiums	Units	Area of the units
Family income of up to U\$ 400. Register of the families by the Housing Secretary. Typology of twin houses. Sales value U\$ 13.000. Subsidised. Installments up to 10% of their wage.	Bosque das Cerejas; das Pitangas; das Uvaiais; das Guabirobas; das Uvaiais; dos Araçás; dos Butiás; dos Guabijus.	24 per cond.	42.00 to 50.45 m ² , 2 bed, living room, kitchen and bathroom
Total	8 condominiums	192	

Figure . Condominiums Jardins Nativos Group 1- twin houses.

The typology of isolated houses is addressed to a population whose Family income is from 3 to 5 minimum wages, fitted in group 2 of financing (Fig. 3). The same way, the typologies of apartments in small buildings of two floors are addressed to group 2 (Fig. 4).



PMCMV – Faixa 2	Closed condominiums	Units	Area of the units
Family income from 3 to 6 minimum wage (U\$ 610 to 1.200 in 2016); Sales in the market; Typology isolated ground house. Subside U\$ 425	Jardim Camélia, Jasmim, Hortênsia, Romã, Azaleia	23 per condominium	50.45 m ² 2 bed, living room, kitchen and bathroom
Total	5 condominiums	115 units	

Figure . Condominiums Jardins Nativos Group 2 – isolated houses.

The Project being analyzed, when mixing condominiums of various income groups, provides a mixture of social groups. It brings in close community relationship when implementing condominiums of different typologies in close neighborhoods. It suggests the strengthening of social networks when mixing differentiated neighborhoods and more

qualified intermediate spaces, thus one of the aspects that differentiates this project from others is the adoption of condominiums with a limited number of housing units.



MCMV – Group 2	Closed condominiums	Units	Area of the units
Family income up to U\$ 400; Sale in the market; Typology apartments; 4 per floor 16 per 2-story-buildings; Sales value U\$ 28.000 Installment from U\$ 100 to 120	Residencial Ipê Residencial Araucária	100 per condominium Condominium area: penthouse, parking, playground	52,80 m ² private area; 112,00 global area; 2 dorms, living room, kitchen and bathroom, balcony
Total	2 condominiums	200 units	

Figure . Condominiums Jardins Nativos Group 2 – apartments, parking, leisure and accessible ground houses.

2.2 Analysis with relation to issue City

With relation to the issue City, the neighborhood has been integrated to the urban fabric by means of the urban Project of qualification and population occupation, which prioritizes the inclusion of social housing projects. However, its location between two high flow state highways that form the beltway, which surrounds the most part of the formal city, generates salient limits, which make social and physical integration difficult in the new neighborhood. The new housing, even containing mono-functional characteristics, has been generating implementation and qualification of community equipment, providing more access to education (ongoing implementation of new elementary and fundamental schools) and health (health unit in work). The perspective of new dwellers, whose income is a little higher, must bring new businesses and services.

The road network paving has been accomplished through projects that are financed by the government and it evolves by following the housing construction process. This will make the dwellers' moving for their daily activities and access to public transportation easier. Paved routes provide more accessibility and access to public transportation. But despite these characteristics, it is observed that the business is still distant from a urban center. This way, this center presents different aspects with relation to other projects carried out in the country, and it can suggest a diversification of the urban morphology and social mixture. It deserves a follow up of the consolidation process of the neighborhood to verify the territory occupation. But these characteristics qualify the proposal.

2.3 Analysis with relation to Technology and Resources

Since it is a Project that meets the requirements of the financing program MCMV, the typologies follow with spaces planned by public notice, that is, maximum 300 units per condominium, ground houses with a minimum of 32 m², apartments with 37 m². The same

way, it is a rigid program, units with two dorms, living room, kitchen, bathroom and laundry room, where they are larger in the apartments than in the isolated or twin houses.

The apartments present a private area of 58 m², but they are distributed in small two-story-buildings, forming closed condominiums with penthouses and barbecue and playground. The internal areas are paved with public lighting, green areas with parking and access to pedestrians and vehicles through electronic gates. The construction technology in precast concrete in great forms and coverage in prefabricated slabs does not plan the possibility of enlarging the area or doing internal modification.

The rationality of the work begins by the foundation radier, with reinforced concrete with steel fiber, plastered installations and removal of walls, making construction easy. Plumbing installations with pre-cut kits installed in negative in the concrete masonry blocks, ceiling plaster and prefabricated slabs, besides other items. The finishing with textured mass and painting, ceramic tile floor, tiles on roughcast on wet areas, provide good quality to housing. External aluminum frames with shutter and granite sill provide ventilation and natural lighting to the environments, reducing energy waste.

2.4 Urban integration and leisure

The Project and construction of the district comprised of social interest housing of varied typology has been implanted yet. But the immediate occupation of housing units already accomplished allows to evaluate a proposal for their approval.

The housing built with technologies which are adapted led the population to a qualified housing, which was showed by the users' satisfaction that can be seen in the care of the condominium areas and housing maintenance. The community experience evidenced by the significant increase of school enrollments and participation in social activities demonstrate the objective indicators of the successful undertaking.

3. CONCLUSION

With relation to the Society issue, the use of typologies and income groups differentiated in one same urban area, allows the diversity of residential occupation. The new social contemporaneous patterns demand different housing typologies. But the inflexibility of the ambient, that is, units with two dorms suggested by the financing body, damages the assistance to the heterogeneity of the current society, whose composition is a multi-faceted family. Also, they ignore the issue of new forms of work that could use extra spaces in the residences for income generation. With relation to urban morphology analyzed in the City issue, it is verified that the studied shows a relative diversity with ground housing or buildings with few floors, it results in a horizontal landscape. This way, it incorporates, fills the existent landscape of housing and ground and spread equipment.

The typology adopted of centers in the form of closed condominiums with a number of 24 uni-familiar units or 100 multi-familiar units, although it segments the urban space, it seems to result in better building and common areas maintenance. The limits imposed by the neighborhood and the need for respecting the condominium norms creates more defined responsibilities with relation to infrastructure. As a singularity of the proposal, besides the infrastructure more complete in open lawn areas, permeable areas and public

internal lighting, each condominium have spaces for parking, a new reality that happened because of the Brazilian economic moment when it is possible to opt for having their own vehicle instead of using public transportation. Common areas with closed and opened spaces for leisure are a differential.

With relation to the singularities of the proposal towards issues Technology and Resources, the construction system streamlined arises as innovation, thus it reduces waste, accelerates the construction term and results in housing units with better construction quality. It uses openings with sealing in the dorms, solar direction, allowing natural ventilation and lighting and materials with isolation. The units for low income families, when owning solar heating devices for water, contribute to the reduction of energy waste.

It is emphasized that, although it is delivered to the private initiative, the construction of the new low-income housing had the public power's commitment in carrying out pavement on the lanes, building schools and a future leisure area. This demonstrates that the fact of being an area planned in the municipal urban legislation of the new neighborhoods, it turned it easy and aggregated value to the urban space, that obtains paved sidewalks, accessibility, despite little urban forestation and no green area. Therefore, the neighborhood lacks business establishments of commercial supply and services, thus it does not have spaces in the neighborhood. Social spaces for the youngest is another great lack. Concluding, issue inhabit for the present is the creation of new landscapes and the great majority of the Brazilian cities demand a participative construction. Combining private interests with in the use of the real state financing capital, meeting the demand of social housing, even being contradictory, it may be feasible. But it demands guidelines that consider that the balanced urban Project is the private entrepreneur as well as the public power's responsibility. Yet, it should count on a more effective participation by the dwellers when establishing priorities for urban integration and inclusion.

REFERENCES

- Bonduki, N.; Ghilardi, F. H. 2012. *Política e Sistema Nacional de Habitação, Plano Nacional de Habitação*. Rio de Janeiro: IBAM Municipal: Agência Goiana de Habitação. In: <http://www.agehab.go.gov.br/pehis/download/texto%201.pdf>. Accessed may 2012.
- Brasil. Ministério das Cidades. 2012. *Programas habitacionais*. Brasília.
- Const.Priori. *Jardins Nativos*. In: <http://www.construtorapriori.com.br/>. Accessed fev. 2016.
- Fee-Fundação de Economia e Estatística. 2012. *Passo Fundo*. Porto Alegre.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. *Censo demográfico: 2010*. Rio de Janeiro.
- Maricato, Ermínia. 2011. *Os impasses da política urbana no Brasil*. Petrópolis: Vozes.
- Meyer, João F. P. 2014. As políticas habitacionais e seus desdobramentos. In: Vargas, Heliana Comin; Araújo, Cristina Pereira de. (Orgs.) *Arquitetura e mercado imobiliário*. Barueri, SP: Manole.
- Montaner, Josep Maria; Muxi, Zaida; Falagán, David H. 2011. *Herramientas para habitar el presente: la vivienda del siglo XXI*. Barcelona: Master Laboratorio de la vivienda del siglo XXI.
- Shimbo, L. Z. 2012. *Habitação social de mercado: a confluência entre Estado, empresas construtoras e capital financeiro*. Belo Horizonte: C/Arte.
- Werna, E. *Pluralismo na habitação: parceria agentes públicos e não públicos*. SP: Annablume, 2001.
- Passo Fundo. 2006. *Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado*. Passo Fundo. In: <http://www.leismunicipais.com.br>. Accessed fev. 2016.



Urban housing design by the Educandos Igarape, in Manaus, AM

Raquel Regina Martini Paula Barros

Methodist University of Piracicaba, School of Engineering, Architecture and Urbanism, Santa Bárbara D'Oeste (SP), Brazil

rpaulabarros@gmail.com

Marina Zappia de Santana

Methodist University of Piracicaba, School of Engineering, Architecture and Urbanism, Santa Bárbara D'Oeste (SP), Brazil

marinazappia@hotmail.com

ABSTRACT: Housing problems in Brazil are complex and widely recognized, requiring a direct focus on cities and especially the metropolitan area, where disarticulated processes of occupation reflect socioeconomic inequality and relate to with environmental and human challenges on urban space. Housing design cannot be limited to the housing unit itself: it ought to consider the resident's needs, culture and relationship with place and, at the urban scale, integrating with other actions on land use, mobility and environmental sanitation. In the urban area of Manaus, the unplanned occupation of the margins of igarapes -- small navigable rivers in the Amazon region -- has been occurring without the provision of sanitation infrastructure, the preservation of vegetation cover and of soil permeability. All of those measures would be necessary for preventing the flooding of rivers, whose pollution exacerbates the problems at the extremes of flooding and drought. Despite the traditional cultural importance of the neighborhood in the southeastern region of the city, local people in the district of Educandos have been losing their relationship with the igarape as well as their culture and values. In addition, housing units have decreasing levels of thermal comfort, healthiness and habitability, being mostly located in the flood risk zone, devoid of sanitation. The study presents and analyzes a reformulation project and housing design developed for a portion of the margins of the Educandos igarape, in view of its potential to promote a better quality of life for local residents and make a positive impact in the city.

Keywords *Educandos igarape. Urban housing design. Flood risk zone.*

1. INTRODUCTION

The complexity of the housing issue in Brazil is widely recognized and requires a more direct focus on cities and especially the metropolitan areas, where disjointed processes of occupation spatialize the socio-economic inequality and are associated with enormous human and environmental challenges (Morado Nascimento; Tostes, 2011; Sampaio & Pereira, 2003; Grostein, 2001). However, the urban management tools, while essential, do not guarantee design quality by themselves. Housing design cannot be limited to the housing unit itself: it needs to consider the residents, their needs, culture and relationship with place. In addition, it must – on an urban scale -- combine the other actions on land use, mobility and environmental sanitation (Barros, 2015).

Manaus, AM is the metropolis of the largest state in the country, with great importance due to its extensive conservation areas and water resources, as well as the indigenous, caboclo-riverside and urban cultural values. Manaus gained prominence during the rubber boom and, later, the emergence of the Zona Franca and Industrial Pole. The current scenario is established from the demographic boom coupled with the disorderly growth of the city. A few decades ago, the banks of the Igarapes (streams, "canoe paths") were occupied by stilt houses and houseboats sparsely distributed. The caboclo-riverside people used to take from the river their living (fishing), leisure, baths and transport.

But the city has experienced changes in infrastructure and landscape around creeks that cross through its central area. Annual flooding produces, in the period of ebb, the proliferation of various diseases caused by accumulated waste near the houses, which was dragged away during the high-water period of Rio Negro (Silva & Ferreira, 2010). The uncontrolled occupation of banks of creeks in the Manaus urban area has taken place without the provision or extension of the sewerage infrastructure, and without the preservation of vegetation cover and soil permeability required for preventing the silting up of rivers. The river's pollution exacerbates these problems at the extremes of floods and droughts.

The Educandos Basin is fully integrated into the urban fabric, the southeastern portion of the city being a contributor to the Rio Negro Basin. Educandos Igarape is the last stream of the basin and thus receives pollution from all the other neighborhoods. In the current situation, it ceased to be the city's postcard landmark. Despite the traditional cultural importance of the Educandos neighborhood, the relationship of the riverside people with the river is being lost, as well as the caboclo-riverside culture and its values, in addition to the impairment of the Riverside housing, movement and access salubrity. Most of the houses on stilts are in preservation or flood risk areas, and devoid of sanitation infrastructure, with the impossibility of agrarian regularization (Santana, 2014; Almeida, 2005). The cultural shock between the riverside and urban cultures becomes clear in the houses. Because of its practicality and, above all, because they add "status" to the resident, natural building materials were replaced by industrialized ones. Such replacement has compromised the thermal comfort of the households.

In this context, the current work has the goal of presenting a housing design project for a critical stretch of the Educandos Basin, which aims to contribute to the promotion of the quality of life of local residents, with a positive impact on the city.

2. METHOD

From researches on the region, the Educandos neighborhood (Fig.1a) was selected as the object of study for presenting so exacerbated those already presented problems related to the disordered occupation of stream banks, with most of its residents settled in risk areas (Fig.1b). The section selected for intervention is situated in the northeastern portion of the district, on the border with Santa Luzia neighborhood (Fig.1c). It is above the flood quota of 30m, has approximately 3.12hectares-ha and about 150 housing units-UHs, setting up a density of 48.08UHs/ha or 192.31people/ha, considering an average of 4 people by UH. Such density is much smaller than that of the adjacent and densely occupied area, of around 580UHs in 5.8ha, setting up a density of 100UHs/ha or 400people/ha.

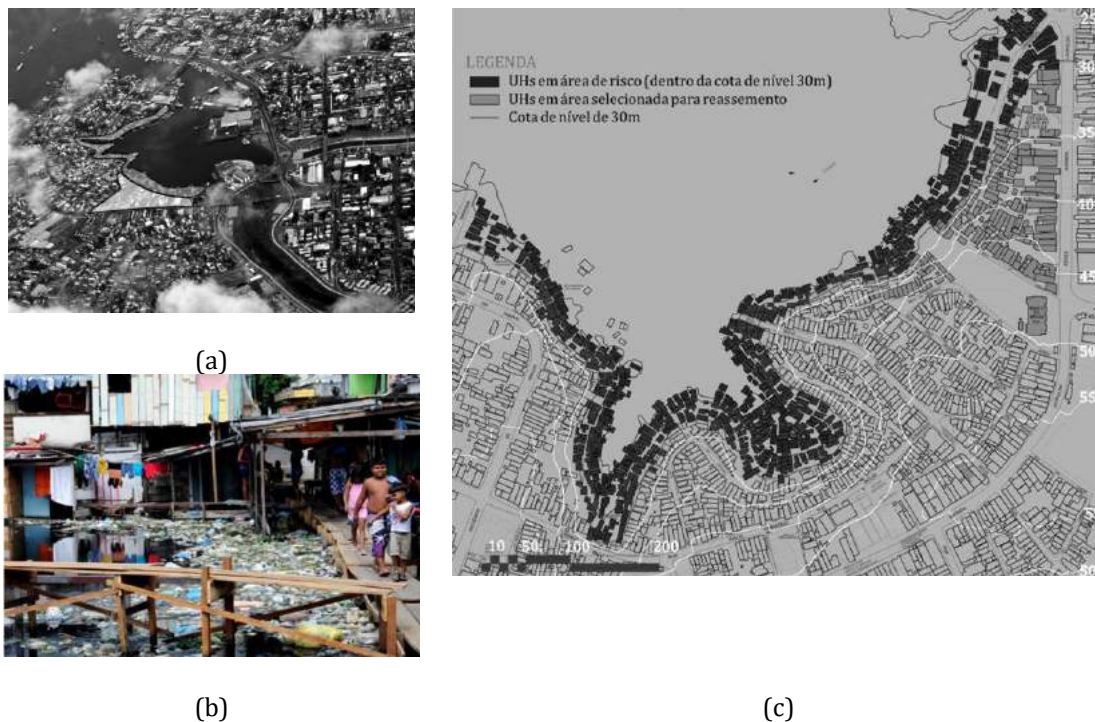


Figure 1: (a) Igarape and highlighted selected area in Educandos neighbourhood. Source: Tim Bray (2011); (b) Photo of existing houses around the margins area. Source: Pedro Martinelli (2011); (c) Existing houses in risk area (black) and in relocation area (dark gray). Source: Santana (2014)

Questionnaires were then prepared and given to local residents in order to better understand their reality and the place where they live from various points of view. From the consideration of such reports a design approach was established, which aimed, as a matter of priority, to keep in the area selected for resettlement as many of these residents as possible.

3. DESIGN DEVELOPMENT

First, the reformulation of the place through a proposal of mobility (Fig.2). A wide platform connecting the houses was established for pedestrians' routes and for kiosks for regional products trade. From this platform comes two broad walkways as main axes, linking to the other side of the river in two strategic points: the first to an existing, recently designed green

park, reinforcing the recreation area, and the second to a sports area with football fields, which is a valued leisure for riverside culture: riverside community gatherings in moments of relaxation. Secondary axes, as smaller walkways, act as gathering routes, connecting distant homes to the main axes, decreasing distances.

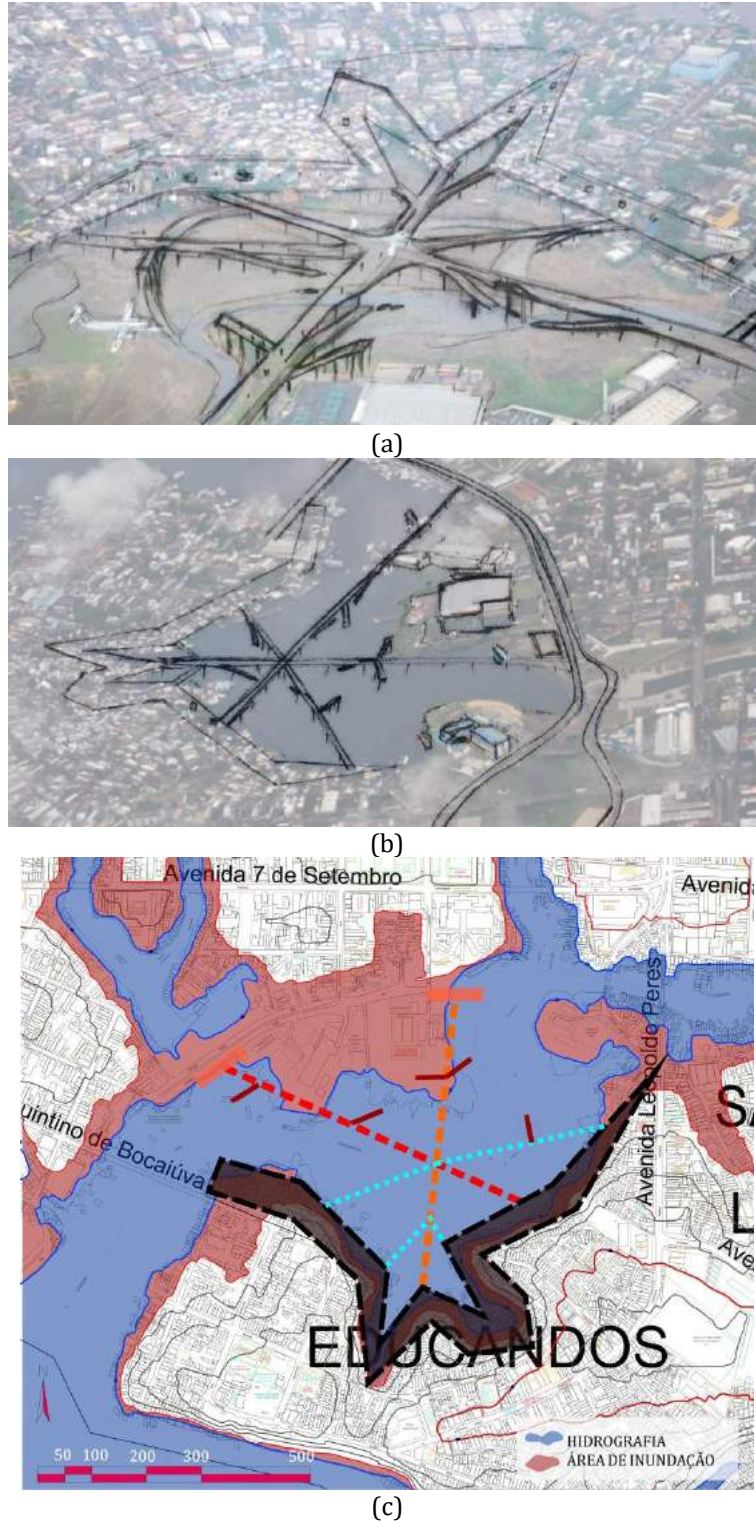


Figure 2: (a, b) Views of platforms, bridges and ramps. (c) Mobility plan. Source: Santana (2014).

In order to break the linearity on the walkway's design, observatories were proposed as a local attraction for residents and tourists, highlighting the beauty of local landscapes (Figs 3a-b). Ramps were laid out giving access to lower points, as access to the soil in dry season and the boats in flood season, improving mobility along with the intermodal stops created for boat and bus, viable in flood season, strengthening local culture and prioritizing public transportation.

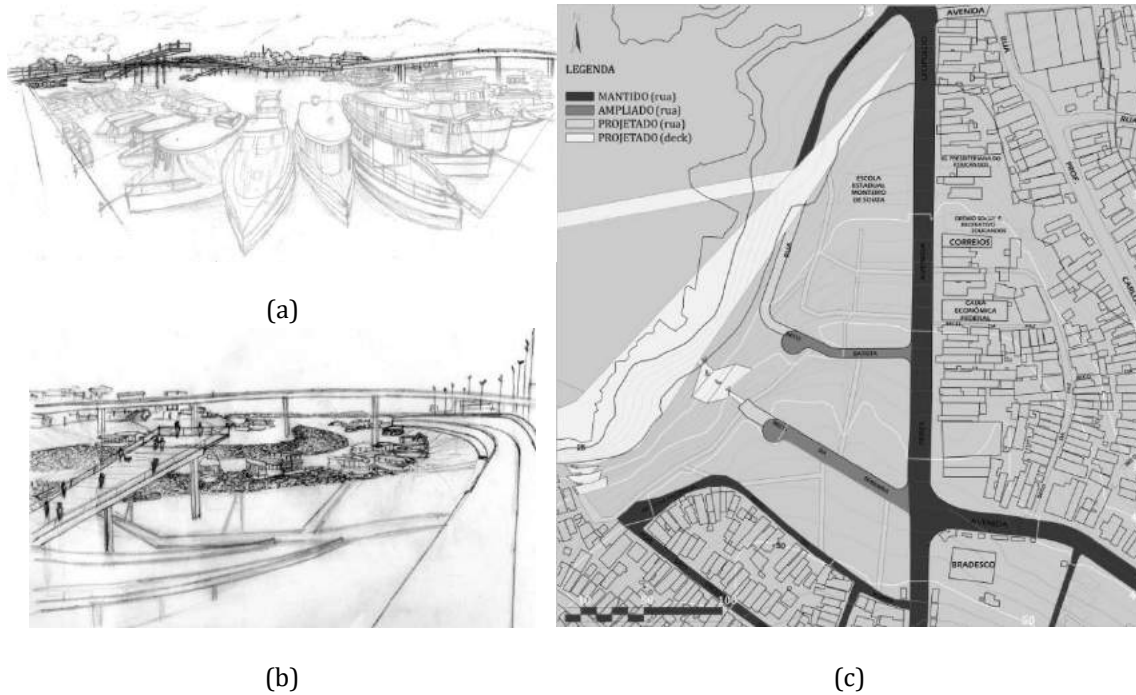


Figure 3: Views of ramps and observatories in (a) flood and (b) dry seasons. (c) Design proposal for local circulation: streets, walkways, deck. Source: Santana (2014)

The proposal for local circulation in the section selected for housing (Fig.3) keeps the existing alleys and extends two main ones to improve access of vehicles and public services. It also establishes new paths that connect according to the topography and declivity, increasing the communication between neighbors. In places of greater declivity, plateaus were proposed with access by stairs. They also act as observatories, meeting places and other uses that do not interfere in the circulation and structure.

Three housing types were proposed, which aggregate in rows. The site planning aims to reconcile the best solar orientation and prevailing winds -- East and Southeast -- with the views to the stream, the accessibility and legibility of spaces, the relation to the avenue and to the existing alleys (Fig.4).

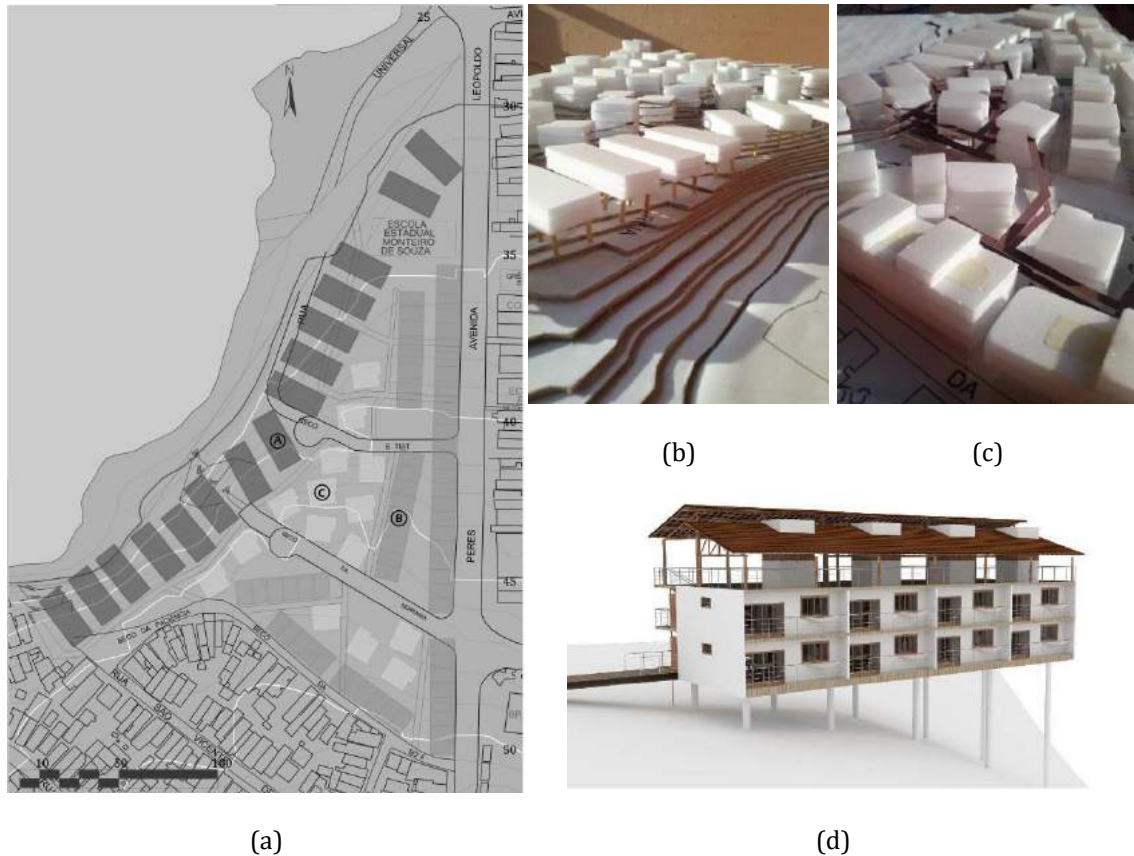


Figure 4: (a) Site planning of housing types “A”, “B” and “C”; (b, c) Views of physical model; (d) View of virtual model. Source: Santana (2014)

The implementation allowed resettlement of most of the dwellings that were in the risk area to the area selected for the new project, above the flood level quota (Figs 1c, 4a). It was possible to settle 419UH in 3.12ha, with a density of 134.30UH/ha or 537.20People/ha, in addition to 18 commercial spots. Thus, the density of the selected area for resettlement was almost tripled. For those residents who could not be resettled in this same location it is recommended to ask the city government for a swap option for a nearby property or in city regions of interest to those residents, through the already existing legal instruments.

Non-bearing internal walls in all of the proposed housing types allow for changes in layout. The generous common circulation area includes a semi-open service area to promote contact between the residents (Fig.5).

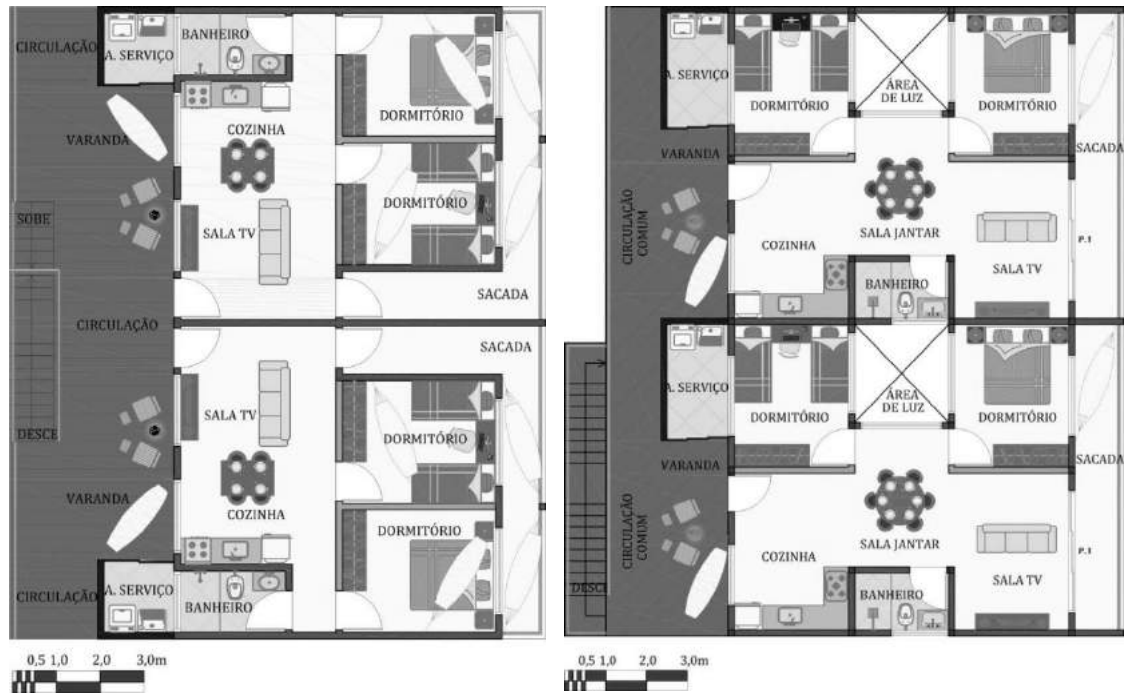


Figure 5: Typical plans for housing types “A” and “B”. Source: Santana (2014).

The types adopt strategies from ABNT guidelines (2005) for the Bioclimatic Zone 8, hot and wet:

- Cross-ventilation: houses with double orientation; lower inner walls allow the hot air outlet;
- Large openings shaded by eaves;
- Ventilated attic;
- Dehumidification of the environments: permanent openings with mosquito net for indoor air renewal;
- Pivoting vertical windows;
- Shading of the facades;
- Artificial cooling to ease thermal heat discomfort.

Part of these strategies can be observed in Figure 6.

The structural design adopts free spans between the soil and the buildings, improving natural ventilation in a similar way to the stilt houses. The grating in reinforced concrete (ribbed slab in 2 dimensions) reduces the number of pillars for the first slab and supports the different typologies suspended from the ground. The remaining slabs make up conventional structural system with pillars in alignment. Figure 6 represents the type "C" and also demonstrates the bioclimatic strategies adopted.

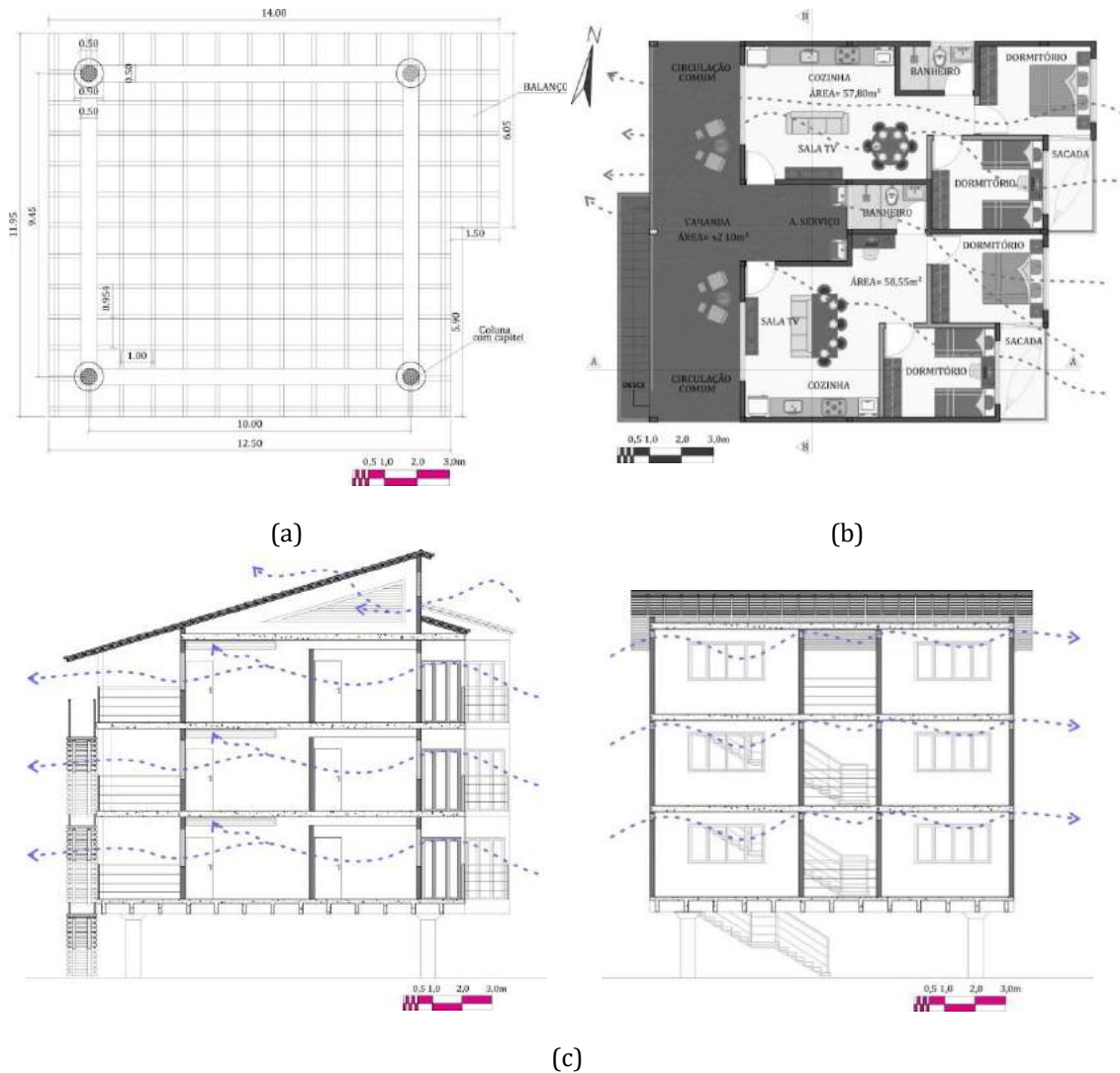


Figure 6: Housing type “C”: (a) Structural conception; (b) Plan; (c) Sections. Source: Santana (2014).

A study on the possibilities of a sanitary sewerage network for the area selected for resettlement has shown the economic unfeasibility of such a network below the quota of 30m level. In this way, a network was outlined above this limit level. The collection of sewage is resolved with the declivity of the terrain. The network adopts buried pipelines directed to a collection point (Fig.7). The point connects to the existing lift station E5B-Santa Luzia, located about 120m East of this point.

Quantitative data allow estimate: considering 4People/UH, there are 419UHs totaling 1678people. If 150Liters/person, 251,700Liters of sewage/day. The collection volume was calculated with the forecast of an increase of 3% of the daily volume, percentage within the capacity of the lift station E5B-Santa Luzia.



Figure 7: Preliminary sanitary sewerage network and proposal for collective spaces. Source: Santana (2014).

At the same time, the design hosts collective spaces and urban furniture that maintain and promote interaction between residents and the neighborhood (Fig.7), including:

- Arena for presentations and events: bring back "Brincadeira de Boi", a cultural tradition that was born in the neighborhood of Educandos. Space may be used by nearby school;
- Multipurpose equipment for all ages, including calm and agitated spaces;
- Community garden for personal use or to generate extra income for residents;
- Football field to entertain young people and to rescue culture of gathering the neighborhood;
- Bike racks to encourage cycling and parking spaces for 10% of dwellings;
- Garbage collection points located in the streets that give access to services.

4. CONSIDERATIONS

This work presented a housing project that prioritizes the shelter of the residents who already live on the site and most of those living in the area of risk. The main motivations for the development of the project were the recurrent negligence of local government regarding the riverside population in risk areas and the challenge of getting out of the professional comfort zone of the architect-urbanist.

The project aims to promote and recover the local identity and the importance of the river; improve mobility and accessibility for residents, service providers and visitors; provide the selected area with sanitation infrastructure and the houses with thermal comfort. Such intentions eventually represented conflicting challenges that were reconciled along the design process.

The strategies adopted are considered to have potential for contributing to future projects and interventions in the context – rivers and cities in view of the desired reconciliation (Gorski, 2010). In conjunction with the implementation of public policies that allow the transformation of these communities into environmental and socially sustainable, such strategies can mitigate the environmental problems identified and promote quality of life for local residents, with a positive impact on the city.

The authors are thankful to Prof. MSc. Mary Helle Moda Balleiras and Prof. Dr. Jefferson Ferreira Pinto from FEAU-UNIMEP for their contribution to the work of completion for graduation here presented.

REFERENCES

- Almeida, L.C.M. 2005. Habitabilidade na cidade sobre as águas: desafio da implantação de infraestrutura de saneamento nas palafitas do Igarapé do Quarenta - bairro Japim - Manaus/ AM. Natal. Dissertação (Mestrado) – Natal: UFRG.
- Barros, R.R.M.P. 2015. Humanização e resiliência: a capacidade adaptativa para o habitar urbano. In: Latin-American and European Conference on Sustainable Buildings and Communities-EURO-ELECS, 1., 2015. Guimarães. Livro de Atas... Guimarães: Univ. do Minho.
- Gorski, M.C.B. 2010. *Rios e cidades: ruptura e reconciliação*. São Paulo: SENAC.
- Grostein, M.D. 2001. Metrópole e expansão urbana: a persistência de processos "insustentáveis". *Perspec.* (online) 15(1): 13-19.
- Morado Nascimento, D.; Tostes, S.P. 2011. Programa Minha Casa Minha Vida: a (mesma) política habitacional no Brasil. *Arquitextos* (São Paulo), 1: 1-16.
- Oliveira Junior, J.A. 2009. Arquitetura ribeirinha sobre as águas da Amazônia: o habitat em ambientes complexos. Dissertação (Mestrado) – São Paulo: FAUUSP.
- Sampaio, M.R.A.; Pereira, P.C.X. 2003. Habitação em São Paulo. *Estudos Avançados* 17(48): 167-183.
- Santana, M.Z. 2014. *Projeto de requalificação urbana e habitação ribeirinha no igarapé do Educandos, Manaus, Amazonas*. Trabalho Final de Graduação-TFG. Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo-FAEU, Universidade Metodista de Piracicaba-UNIMEP. Santa Bárbara D'Oeste.
- Silva, M.Y.B.; Ferreira, R.S.A. 2010. Comportamento pós- enchente: uma análise quanto à sensibilidade relacionada aos problemas socioambientais dos residentes do bairro Educandos, em Manaus-Amazonas. In: *Encontro Nacional de Estudos Populacionais – ABEP, 17., 2010. Caxambu. Anais...* Caxambu: ABEP.



Comparative assessment of sustainability strategies applied to urban neighbourhoods in Brazil, Germany and Sweden

Karin Regina de Casas Castro Marins

University of Sao Paulo, Department of Construction Engineering/ Escola Politecnica, São Paulo (SP), Brazil

karin.marins@usp.br

ABSTRACT: Recently, several researches have shifted the focus on urban sustainability from the city-scale towards the development of neighbourhoods. However, despite the efforts already undertaken, there is still a need to improve methods and tools for integrating sustainability criteria and selecting the most appropriate indicators to the planning of urban areas. This paper discusses strategies and solutions for urban sustainability at the neighbourhood scale, by applying a framework to compare associated indicators of four selected areas: Cidade Pedra Branca (Brazil), Kronsberg, Vauban (Germany), and Hammarby Sjöstad (Sweden). The framework resulted from the analysis, comparison and integration of certain multicriteria parameters and indicators, involving governance, urban form, urban mobility, energy, and economic aspects. The research involved literature review combined to information collected in technical site visits and interviews with stakeholders involved in the urban development in these areas. The framework application allowed to extract the main features which enabled the neighbourhoods to achieve a superior performance, which include: strong governance by the public sector or the building owners to control schedule and quality of urban development projects; application of a multisectoral strategy to enable more suitable urban transport systems; and enhancement of both energy demand and supply sides to achieve a higher overall energy performance and broader use of renewable and local energy systems. Cidade Pedra Branca has shown to face such challenges with more difficulty; Vauban has presented the overall best performance; and Kronsberg and Hammarby Sjöstad are in an intermediate position.

Keywords *Sustainable neighbourhoods, framework, criteria, indicators, exploratory research*

1. INTRODUCTION

Cities can be recognized as a fundamental system to promote sustainable development, balancing social, environmental and economic aspects, and developing features of adaptation or resilience. Batty (2008, p.5) defines cities as systems composed by “sets of elements or components tied together through sets of interactions... around land use activities”. In the last years, sustainability criteria and system’s approach have become more relevant in urban development, once the efficiency and the level of services could be enhanced while lowering environmental and social impacts, and related costs.

Aside the benefits, cities have faced several challenges to integrate sustainability strategies in urban development projects, internationally and also in Brazil. Firstly, urban planning and management according to sustainability criteria require a clear understanding of urban systems, their subsystems and interactions (Daniell et al., 2005), which are numerous and involve different sectors and organizations. In addition, planning and management methods are often based on top-down approaches. Bottom-up decision-making models could assist planners to better define parameters and assess the primary urban needs and elements, but they are still scarce and poorly developed and used. “Cities have been treated as systems for fifty years but only in the last two decades has the focus changed from aggregate equilibrium systems to more evolving systems whose structure merges from the bottom up” (Batty, 2008, p.1). In the urban system, the territory is a key transversal element to integrate different sectors and it should be properly planned and managed to organize the multiple systems as well as to promote social and territorial cohesion (Energy Cities; Ademe, 2008).

Recently several researches have shifted the focus on urban sustainability from the city-scale towards the development of neighbourhoods (Engel-Yan et al., 2005). Although, historically private developers have act as the main neighborhood scale designers, frequently feeling little motivated to implement more integrated and sustainable solutions (Wheeler, 2004). Besides, urban systems are not considered, in general, as “combined facilities”, but designed and managed independently by specialists from individual sectors, as building design, water distribution, wastewater treatment, waste collection, power supply and transport, for instance (Engel-Yan et al., 2005). Thus, system’s approach in urban development still appears as a challenge for the involved stakeholder’s in many cities around the world. However, for Engel-Yan et al. (2005), a proper understanding about the conditions and potentials of neighbourhood development is important to produce more efficient and high-quality local infrastructure, land use and buildings.

This paper aims to discuss strategies for urban sustainability at the neighbourhood scale, by applying a comparative framework to selected urban neighbourhoods located in Germany, Sweden and Brazil. The comparison of different urban situations allows not only to develop a relative performance analysis, but also to identify the most promising strategies for certain contexts, which are analysed in the conclusion remarks.

2. COMPARATIVE ASSESSMENT OF SELECTED SUSTAINABILITY STRATEGIES APPLIED TO URBAN NEIGHBOURHOODS IN BRAZIL, GERMANY AND SWEDEN

The present analysis is based on a framework defined to support a comparative assessment of selected sustainability strategies in the neighbourhood scale. The framework resulted from the analysis, comparison and integration of certain multicriteria and well established parameters and indicators which could be observed in the study of four selected urban neighbourhoods: *Cidade Pedra Branca* (Palhoca, Santa Catarina / Brazil); *Kronsberg* (Hannover/ Germany), *Vauban* (Freiburg/ Germany); and *Hammarby Sjöstad* (Stockholm/ Sweden). The case studies refer to urban areas which have been considered, worldwide, as important practical references in the integration of urban development and sustainability issues. The framework is organized according to institutional (i.e., governance), technical (i.e., urban morphology, urban mobility, and energy), and economic aspects (i.e., overall capital costs and operational costs). Parameters and indicators were selected considering their extent (if they are important and/or measured in more than one neighbourhood) and/or their high potential/ improved performance in solving social, environmental or economic challenges. Literature review was combined to information collected in technical site visits and interviews, as well as in consultation made with stakeholders involved in the urban development in these areas. The following items present the main results from the assessment, based on the framework application.

2.1 Governance

The main governance aspect relates to the implications of land ownership and project coordination to the pattern and schedule of the urban development.

In *Kronsberg*, most of the land is owned by the Municipality of Hannover, who took over the implementation of the neighborhood and has managed, directly, the most of the real estate properties, by applying leasing instruments (93% of buildings are owned by the city, according to Rumming, 2004a). The full coordination by the public body allowed to achieve higher levels of building and energy performance, due to the greater control in the specification, construction, approval, and performance monitoring of enterprises. On the other hand, to perform this strong coordination, it was necessary to greatly increase the time devoted to the neighbourhood planning (Table 1). Additionally, *Kronsberg* was able to achieve the largest share of units for social housing, among the cases studied, due to the public ownership of the most of the housing units.

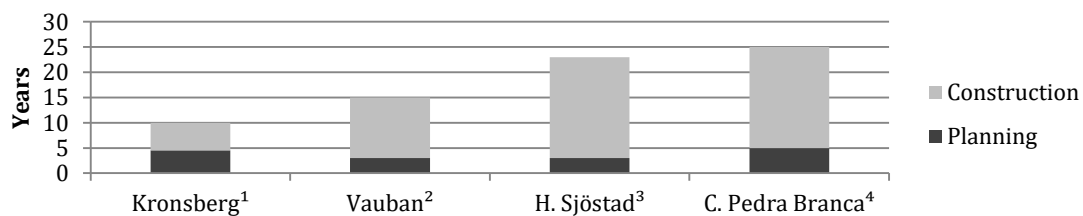


Fig 1. Planning and construction phases of urban development

¹Rumming (2004a); ²Frey (2011); ³Fraker (2013); Stockholm Stad et al. (2011); ⁴Pedra Branca (2014).

In the case of *Vauban*, the City of Freiburg was the main land owner and sold 70% of the plots to "ownership groups", who were responsible for building the houses for their own use (Frey, 2011). This solution, as in the case of *Kronsberg*, increased the time devoted to

the planning of the neighborhood and especially the construction period (Figure 1). Many actors, with different needs, participated, which implied in less standardization. Still, the construction quality and the performance of buildings could also be improved.

Hammarby Sjöstad general masterplan was designed by the Stockholm municipality, but it has been detailed and implemented within a significant participation of the private sector. The time spent in planning has been reduced and the standards and performance control have been less demanding than the previous cases (Figure 1). Besides, social housing units could not be identified in this neighbourhood. *Cidade Pedra Branca* presents similar scale and housing characteristics when compared to *Hammarby Sjöstad*, as the period of planning and construction (Figure 1). In *Hammarby Sjöstad*, however, Stockholm City articulated the project of the multiple urban systems (water, energy, solid waste, and transportation, among others), assisting the planning and implementation of combined urban services, as a strategy to improve the “metabolism” of the neighborhood as a whole, turning it more cyclical and efficient. On the other hand, *Cidade Pedra Branca* has been planned and developed entirely by the private sector, and interactions to the public services have not been treated in an integrated development plan.

2.2 Urban form

In the present work, urban density and land use are assessed and discussed as part of the urban morphology.

Looking at the population density in Figure 2, it is possible to verify a huge difference among the areas, from 93 inhabitants/ha in *Kronsberg* (Fraker, 2013) to 508 inhabitants/ha in *Cidade Pedra Branca* (Pedra Branca, 2014). All neighbourhoods are denser than their related city average values. On the other hand, in an international comparison and in a progressive scale, *Kronsberg* presents similar values to the central area density found in Sao Paulo; *Vauban* density is similar to the central area density of Mexico City or New York; *Hammarby Sjöstad*, in turn, corresponds to the densest district in Sao Paulo; and *Cidade Pedra Branca*, to the densest areas in Mexico City or to the central area of Mumbai (LSE Cities, 2011).

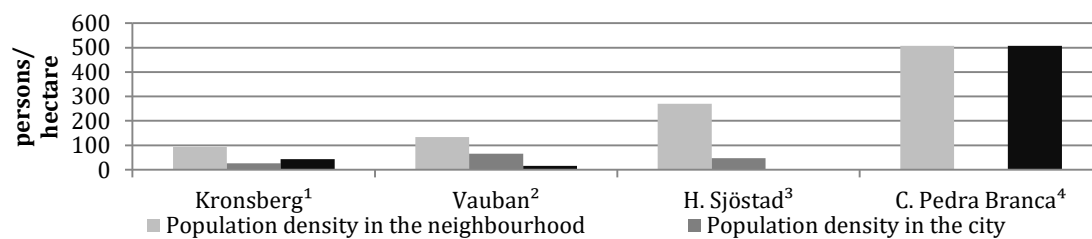


Fig 2. Population and employment densities
 Source: ¹Based on data presented by Fraker (2013), Urbistat (2011a); ²Frey (2011); Urbistat (2011b); ³Cederquist (2009); Vestbro (2005); ⁴Based on Pedra Branca (2014); ³ inhabitant/km² (IBGE, 2010).

With regard to the land use distribution presented in Table 1, Vauban is the most “residential” area, with a rate of just 0.12 employee per inhabitant. *Hammarby Sjöstad* and *Kronsberg* are in an intermediate position (0.21 and 0.46, respectively) and *Cidade Pedra Branca* has the proposal to create one job per inhabitant. The observed higher population densities are product of higher built density, the higher number of persons per unit and the higher quantity of residential units per plot area, in *Cidade Pedra Branca*, but also in *Hammarby Sjöstad*. The built density considers the total built area divided by the total area

of the plots which can be occupied with construction; it also corresponds to the general floor area ratio implemented in the area as a whole. As showed in Table 1, in the case of *Kronsberg*, and *Hammarby Sjöstad*, the floor area ratio refers to the average predicted value; in *Vauban* and *Cidade Pedra Branca*, the built density is higher than the floor area ratio, thus indicating that additional built area was included.

Table 1 – Urban form parameters and indicators

Parameters and indicators	Unit	Kronsberg	Vauban	H. Sjöstad	C.P. Branca
Residential use	%	90 ³	82 ³	84 ³	65 ⁹
Commercial use	%	10 ³	18 ³	16 ³	35 ⁹
Occupancy rate	%	60 ²	50 ⁶	50 ¹	80 ⁹
Floor area ratio	-	1.2 ¹⁹	1.4 ⁶	2.6 to 3 ⁸	4.7 ⁹
Built density	%	1.12 ⁶	1.53 ⁷	2.50 ⁸	5.35 ¹⁰
Average building height	floors	5 ¹¹	4 ¹⁰	5 ⁸	12 ⁹
Residential units per area	Units/ ha	41 ³	53 ⁴	115 ⁸	169 ¹⁰
Inhabitants per residential unit	inhab./ unit	2.25 ³	2.55 ⁵	2.27 ¹	3.37 ¹⁰

¹Fraker (2013); ²Rawe (2006); ³Based on Fraker (2013); Rumming (2004b); ⁴Frey (2011); ⁵Based on Frey (2011); ⁶Bube (2010); ⁷Based on Bube, Frey (2011) and Fraker (2013); ⁸Cederquist (2009); ⁹Pedra Branca (2014); ¹⁰Based on Pedra Branca (2014); ¹¹Rumming (2006).

2.3 Accessibility and mobility

Accessibility and mobility refer, respectively and in the present work, to the location of the neighborhoods in their cities and regions, and to the conditions of urban connectivity and transport, involving, mostly, land use, urban design and transport systems.

Firstly, Table 2 compares different factors which affect transport mode split in the case studies. The table shows that *Vauban* is the closest neighbourhood to the city centre. This could justify, together with the infrastructure available for walking and cycling, the highest share of non motorized transport trips. On the other hand, people who need to use motorized transport find the public transport tariff very attractive in *Vauban*, compared to other European cases. In addition, it is very difficult to own a car there, because parking places are scarce and very expensive. *Kronsberg*, in turn, could be classified as a suburb of Hannover due to the larger distance to downtown. However, it presents certain land use and economic conditions which motivate the local economy, once trips made on foot are almost 30% of all trips. Nevertheless, the share of cars in the area is very expressive due to the lower restrictions for using this mode as well as the higher public transport tariff.

Table 2 – Mobility and accessibility parameters and indicators

Parameters and indicators	Unit	Kronsberg	Vauban	H. Sjöstad	C.P. Branca
Distance to the city centre	km	8.5 ¹	3 ¹	6 ¹	18 ¹
Travel time to the city centre by public transp.	min	17 ²	15 ¹	22 ¹	43.2 ¹
Average distance from residential units to the public transport	m	600 ³	400 ⁷	400 ⁷	500 ⁵
Trips made on foot	%	27 ⁴	64 ⁸	18 ¹³	40 ²⁰
Trips made by bicycle	%	13 ⁴		9 ¹³	3 ²⁰
Trips made by car	%	41 ⁴	16 ⁸	21 ¹³	34 ²⁰
Trips made by public transport	%	17 ⁴	19 ⁸	52 ¹³	22 ²⁰
Motorization rate	vehic/1,000 inhab	411 ⁴	150 ⁹	620 ¹⁴	667 ¹⁶
Parking places per residential unit	places/ unit	0.8 ³	0.5 ¹⁰	0.5 ¹⁵	1.5 ¹⁷
Traffic speed limit in main roads	km/h	30 ³	30 ¹¹	NI	40 ¹⁷
Public transport tariff	euros	3 ⁶	2.2 ¹²	2.9 ¹⁸	1.4 ¹⁹

NI: Not identified; ¹Googlemaps (2014); ²Rumming (2004a); ³Rumming (2006); ⁴Rawe (2008) ⁵Google Earth (2014); ⁶City of Hannover (2014); ⁷Fraker (2013); ⁸Scheurer; Newman (2009); ⁹Fórum Vauban (2009) apud Buehler; Pucher (2011); ¹⁰Gorges (2011); ¹¹City of Freiburg im Breisgau, (2008); ¹²Freiburger Verkehrs AG (2014); ¹³Brick (2008); ¹⁴Based on Fraker (2013); ¹⁵Stockholms Stad (2011); ¹⁶Calculated considering 1.5 places/ resid unit, according to Pedra Branca (2014). ¹⁷Pedra Branca (2014); ¹⁸SL (2014); ¹⁹SETUF (2014); ²⁰Assumed based on the average transport mode share for Brazilian cities with 500,000 to 1,000,000 inhabitants, according to ANTP (2012).

Hammarby Sjöstad is located in an intermediate distance from Stockholm city centre (6km), as indicated in Table 2. It is the area with the highest share of public transport, even considering the greater local tariff, in comparison to *Vauban*. Motorization rate is higher but citizen leave their cars in favour of public transport. The public transport network was extended to *Hammarby Sjöstad* when the first inhabitants came in and it is very accessible and attractive for short and long distances. *Cidade Pedra Branca* is located in the metropolitan area of Florianopolis and it will correspond to a small Brazilian town of about 30,000 inhabitants when completely built. The neighborhood is planned to offer a number of jobs equal to the number of residents, favouring non-motorized transport for local access. However, the regional road system is already congested and there is no mass transit alternative, even planned.

2.4 Energy consumption and energy supply

Energy efficiency in buildings, energy consumption in urban transport and the share of renewable energy in power and heat production were assessed.

With regard to the energy efficiency in buildings, performance goals were established during the planning stage, in *Kronsberg*, *Vauban*, and *Hammarby Sjöstad*. *Kronsberg* and *Vauban* decreased around 55% (Rumming, 2004a) and 64% (Fraker, 2013), respectively, their energy use in comparison to the average consumption of traditional buildings (Lapillonne et al., 2012; Levine et al., 2007; Harvey, 2013 apud Lucon et al, 2013). In *Hammarby Sjöstad*, buildings have higher energy performance than Swedish traditional buildings, consuming almost 30% less energy (Fannon, 2009 apud Fraker, 2013). However, the apartments in *Hammarby Sjöstad* consume virtually twice the energy used in apartments in *Vauban*, for instance. In *Kronsberg*, as the urban development was driven almost entirely by the city, institutional approval and audit of enterprises were defined and allowed to control the results according to the initially defined goals, reinforced by active building owners action. In *Cidade Pedra Branca*, no special building standards upgrade could be identified in the construction report (Pedra Branca, 2010) and no local energy consumption metering program was already implemented.

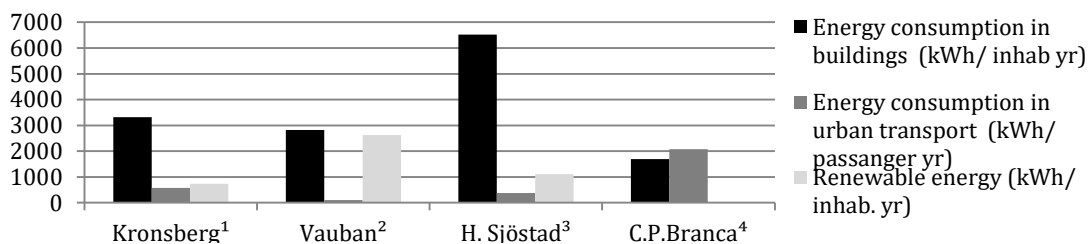


Fig 3. Energy consumption and energy supply indicators

Sources: Energy consumption in buildings: ¹Rumming (2004a); ²Fraker (2013); ³Fannon (2009) apud Fraker (2013). Share of renewable energy: ¹Based on power supply from renewables and solar heating with seasonal heating store, responsible for 40% of heating energy in Kronsberg, according to Rumming (2004a, 2004b); ²Based on Fraker (2013); ³Fraker (2013) and Brogren and Green (2003).

The reduction in the energy load contributes to increase the share of renewable energy. Therefore, 93% of *Vauban* energy consumption is attended by renewable, 22%, in *Kronsberg* and 17%, in *Hammarby Sjöstad*. *Vauban* and *Kronsberg* adopted photovoltaic systems, wind, solar water heating and biomass cogeneration systems. *Hammarby Sjöstad* adopted integrated technologies and systems, particularly sanitation and energy. In *Cidade Pedra Branca*, solar heating systems were planned to be installed in the top of buildings, to

heat tap water, and be complemented by gas fired heating systems, but the installed capacity could not be identified.

Energy consumption in transport per passenger per year could not be directly identified in the literature review. It was calculated based on the method presented by Marins and Romero (2013), considering: a) energy consumption per vehicle technology and fuel, in MJ/passenger km: 0.48 for bus (Metro/SP, 1998); 0.79 for light rail transport – LRT (Newman and Kenworthy, 1999); 3.21 for gasoline car (Metro/SP, 1998); 4.49 for ethanol car (assumed, according to the fuel efficiency of ethanol cars in relation to and gasoline cars); and 1.80 for diesel cars (Nylund, 2013); b) mobility index: 3.50 trips/person in *Kronsberg, Vauban and Hammarby Sjöstad* (based on Transport for London, 2009, United States Transport Department, 2011 and Technical University of Denmark, 2014), and 1.67 trips/person in *Cidade Pedra Branca* (based on the average for cities with 500 to 1,000 thousand inhabitants in Brazil, according to ANTP, 2009); c) average vehicle occupation, in persons/ vehicle: 38 for bus (EMTU/SP, 2008); 123 for LRT (NTU, 2004); and 1.5 for cars (ANTP, 2009); d) operation period (assumed): 20 hours/day and 300 days/year; e) average distance per trip (assumed): 1km, for walking; 3km, for cycling; the distance from each neighbourhood to the city centre (Table 3), for public transport and cars; f) fuels (assumed): 50% of diesel and 50% of gasoline cars in *Kronsberg, Vauban, and Hammarby Sjöstad*; 50% of ethanol and 50% of gasoline cars in *Cidade Pedra Branca*; 100% diesel in buses and 100% electricity in LRT, for all cases.

Looking at the average energy consumption in transport per passenger per year presented in Figure 3, it is possible to notice that the further and more car dependent is the area, more energy the area needs to provide transport services. In this respect, *Cidade Pedra Branca* would consume 3.6 times more energy in transport than *Kronsberg*, 5.5 times the energy used in *Hammarby Sjöstad* and 20 times more energy than *Vauban*. *Vauban* presents the highest performance regarding energy use in transport, especially due to the car restriction combined to the huge incentives to non motorized and public transport. *Hammarby Sjöstad* emerges in a second position; in this case, well connected and accessible public transport was the main factor to decrease energy consumption. *Kronsberg*, in turn, is a suburban area and has a high share of cars, leading the area to achieve an intermediate performance regarding energy consumption in urban transport.

2.5 Overall case study analysis and main challenges to be addressed

The comparative assessment of selected sustainability strategies applied to case studies allowed identifying the prominent aspects of each area, as well as the points in which there are still opportunities for improvement and challenges to overcome. The graph shown in Figure 4, displays the set of challenges for the studied areas. The smaller the area, higher is the performance, and fewer are the challenges the neighborhood has to face, to achieve urban sustainability conditions as considered in the present study. For each neighborhood and group of strategies, a weight was assigned, according to the following criteria: Standard strategies: 10 points; Strategies with higher performance, intermediate level: 6 points; Strategies with higher performance, superior level: 2 points.

As indicated in the chart, *Vauban* presented the best overall performance, although accessibility aspects have been facilitated not only by the urban masterplan strategies, but also by the neighbourhood location much closer to the city of Freiburg. There is, however,

the challenge of developing higher performance environmental sanitation systems (water, sewage and waste), by improving local treatment and use. *Kronsberg* arises in a second position with high performance in terms of governance, environmental sanitation, as well as energy efficiency and supply strategies. However, this area faces the challenge of reducing car use, possibly incorporating mixed land use solutions, restricting individual transport (reduce or charge parking spaces), and encouraging public transport (systems optimization, attractive pricing).

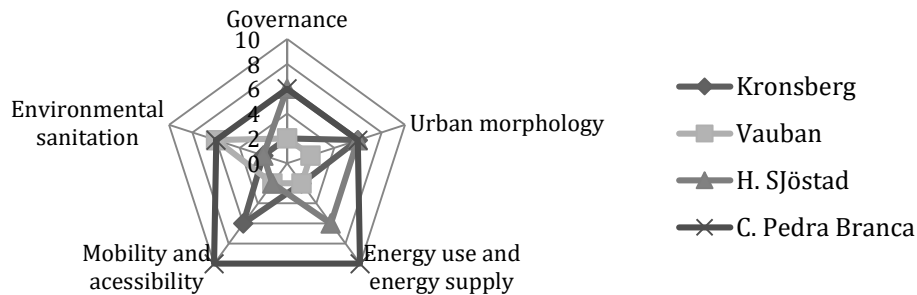


Fig 4. Challenges to be addressed by the neighborhoods to promote sustainability strategies

In *Hammarby Sjöstad*, there is still a need to promote better levels of energy efficiency in buildings and in the use of renewable sources, which also would demand improvements in urban morphology. Governance aspects, especially social communication and community involvement into the decision-making processes, are also relevant, even to promote greater levels of commitment to improve consumption indicators. Finally, *Cidade Pedra Branca* outperformed the Brazilian standard pattern, with regard to governance, urban morphology and environmental sanitation strategies. However, there are still important challenges to be addressed in this neighborhood with regard to the accessibility and mobility, as well as energy efficiency in buildings and the use of renewable energy sources.

3. CONCLUSIONS

Analyzing the case studies, an interdependent relationship among several strategies could be identified, in physical, operational and institutional terms. The higher standards achieved in several cases depend on planning, implementation and operation of systems that, although its own functions, need to be compatible to other systems, to be able to use their resources or by-products.

Firstly, from a physical point of view, urban policies and projects (land use, construction, energy efficiency, environmental sanitation, mobility and accessibility, for instance) must be compatible. The distribution and assortment of urban areas, as well as matching demand and supply sides, represent challenges to be faced. It is also necessary to reserve space in both buildings and neighborhood scale, as appropriate, to implement local facilities, such as energy plants, water treatment and /or sewage plants, waste processing stations, among others. From an operational standpoint, the question of how to manage and provide the required urban services on a shared and integrated platform arises. How could water, waste, energy and transportation, i.e. be integrated, if the operation of a system depends on inputs produced by another system? This condition creates the demand for more efficient and integrated monitoring and planning systems. It is also

necessary to provide back-up systems for services that cannot be interrupted. In shared facilities, it is necessary to ensure that the operation or maintenance of a facility will not cause injury to the others systems, as well as to define responsibilities and implement a supervision system, supported by proper contracts. Finally, from an institutional point of view, it is important to establish an integrated planning and management system that considers the subsystems involved - land use, transport, sanitation, energy, i.e. - not as isolated entities, but as interdependent elements of the same urban system. This approach allows increasing efficiencies and minimizing possible conflicts. The entity coordinator, i.e. the holder of land tenure to be developed, would be able to introduce the relevant requirements to achieve performance goals and systems integration. At the same time, this body should coordinate the various entities in the urban planning process, including enabling community participation. The most successful case studies, in this regard - Kronsberg and Vauban - constitute exceptions precisely because the land is owned by the municipality and the building owners. In Brazilian cities, a certain area to be developed is generally parceled into lots owned by several private entities. Thus, urban development coordination still constitutes a challenge to be properly addressed.

Acknowledgement

To the Research Support Foundation of São Paulo (FAPESP), for their support for the research development (Proc. No. 2011 / 21315-4).

REFERENCES

- ANTP. 2009. *Sistema de Informações da Mobilidade Urbana – Relatório Geral 2008*. Sao Paulo: ANTP.
- ANTP. 2012. *Sistema de Informações da Mobilidade Urbana – Relatório Geral 2011*. São Paulo: ANTP.
- Batty, M. 2008. *Cities as Complex Systems: Scaling, Interactions, Networks, Dynamics and Urban Morphologies*. London: Centre for Advanced Spatial Analysis, University College London.
- Brick, K. 2008. *Follow up of environmental impact in Hammarby Sjöstad*. Stockholm: Grontmij AB.
- Brogren, M and Green, A (2003), “Hammarby Sjøstad - an interdisciplinary case study of the integration of photovoltaics in a new ecologically sustainable residential area in Stockholm”. *Solar Energy Materials and Solar Cells* 75 (3-4): 761-765.
- Bube, T. 2010. “The Vauban Quarter in Freiburg, Germany”. In: International Forum for Sustainable Housing (FIVS), Mexico City, Mexico, 8-9 September 2010. Mexico: Infonavit.
- Buehler, R. and Pucher, J. 2011. “Sustainable transport in Freiburg: lessons from Germany’s environmental capital”. *International Journal of Sustainable Transportation*. 5: 43-70.
- Cederquist, B. 2009. *Facts and figures on Hammarby Sjöstad*. Stockholm: Stockholm Stadt.
- City of Freiburg im Breisgau. 2008. *Stadtplanungsamt: Verkehr*. Freiburg: City of Freib im Breisgau.
- City of Hannover. 2014. *Public Transport*, available at: <http://www.hannover.de/en/Welcome-to-Hannover/Arrival-Departure/How-to-get-around-in-Hannover/Public-Transport> (ac 17 April 14)
- Daniell, KA et al. 2005. Integrated urban system modeling: methodology and case study using multi-agent systems. In: *Modsim 2005 international congress on modelling and simulation* (ed A Zenger and RM Argent, RM), Melbourne, Australia, Modeling and Simulation Society of Australia and New Zealand, December 2005, pp. 2026-2032.
- EMTU/SP. 2008. *Relatório Mensal de Operação – Outubro de 2008*. SBC: EMTU/SP.
- Energy Cities; Ademe. 2008. *Guidebook of Sustainable Neighbourhoods in Europe*. February 2008.
- Engel-Yan, J et al. 2005. “Toward sustainable neighbourhoods: the need to consider infrastructure interactions”. *Canadian Journal of Civil Engineering* 32: 45–57.
- Fannon, D. 2009. *Hammarby Sjöstad: Report for Arch 209*. Berkeley: University of California, 2009.
- Forum Vauban. 2009. *Planning a sustainable community*. Freiburg: Forum Vauban, e.V.
- Fraker, H. 2013. *The hidden potential of sustainable neighborhoods*. Washington: Island Press.
- Freiburger Verkehrs AG. 2014. *Preisinformationen*, available at: <http://www.vag-freiburg.de/tickets-tarife/preisinformationen.html> (accessed 20 March 2014).
- Frey, W. 2011. *Freiburg Green City*. Freiburg: Verlag Herder.

- Google Earth, Image © 2014 Digital Globe. 2014. *Distance and travel time to the city centre in Kronsberg, Vauban, Hammarby Sjöstad and Cidade Pedra Branca*. Google, Brazil.
- Googlemaps, Image © 2014 Digital Globe. 2014. *Distance and travel time to the city centre in Kronsberg, Vauban, Hammarby Sjöstad and Cidade Pedra Branca*. Google, Brazil.
- Gorges, T. 2011. *"Quartier Vauban" Sustainable District in Freiburg, Germany*. Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.
- Harvey, L.D.D. 2013. "Recent advances in sustainable buildings: review of the energy and cost performance of the state of the art best practices from around the world". *Annual Review of Environment and Resources* 38:281–309.
- IBGE. 2010. *Synopsis of demographic diagnosis in 2010*. Rio de Janeiro: IBGE.
- Lapillonne, B. et al. 2012. *Energy Efficiency Trends in Buildings in the EU*. European Union: ODYSSEE-MURE, Enerdata.
- Levine, M et al. 2007. "Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change". In: Metz et al. (eds) *Climate Change 2007: Mitigation*. Cambridge: Cambridge University Press, United Kingdom and New York, NY, USA.
- LSE Cities. 2012. *Urban Age Cities Compared*, available at: <https://lsecities.net/media/objects/articles/urban-age-cities-compared/en-gb/> (accessed 10 June, 2015)
- Lucon, O et al. 2013. *Working Group III contribution to the IPCC 5th Assessment Report "Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change"*. Chapter 9: Buildings.
- Marins, K.R.C. and Romero, M.A. 2013. "Urban and energy assessment from a systemic approach of urban morphology, urban mobility, and buildings: case study of Agua Branca in Sao Paulo". *Journal of Urban Planning and Development* 139: 280-291.
- Metro/SP. 1998. *Pesquisa Origem-Destino 1997*. São Paulo: Metro/SP.
- Newman, P. and Kenworthy, J. 1999. *An international sourcebook of automobile dependence in cities, 1960-1990*. Niwot, Boulder: University Press of Colorado.
- NTU. 2004. *Sistema Redes: Construindo redes de transporte público de qualidade*. Brasília: NTU.
- Nylund, N.O. 2013. "Vehicle energy efficiencies". In: *IEA EGRD Workshop Mobility: Technology Priorities and Strategic Urban Planning*, Espoo, Finland, IEA Experts' Group on R&D Priority-Setting and Evaluation, 22 May 2013 - 23 May 2013.
- Pedra Branca. 2014. *Project information provided by Cidade Pedra Branca developer team*. Information registered in a form and in some emails.
- Rawe, B. 2008. *Environment Report applying environment-related sustainability indicators*. Hannover: City of Hannover.
- Rumming, K. 2004a. *Hannover Kronsberg Handbook*. Planning and Realisation. Leipzig: Jüttemessedruck Leipzig GmbH.
- Rumming, K et al. 2004b. *Hannover-Kronsberg: from model settlement to standard practice*. Hannover: Druckhaus Pinkvoss.
- Rumming, K. 2006. *Sustainable urban development*. The ecologically exemplary new settlement of Hannover-Kronsberg. Hannover: Druckhaus Pinkvoss.
- Scheurer, J. and Newman, P. 2009. *Vauban: A European Model Bridging the Green and Brown Agendas*. Case study prepared for Revisiting Urban Planning: Global Report on Human Settlements 2009, available at <http://www.unhabitat.org/grhs/2009> (accessed 15 June 2014)
- SETUF. 2014. *Tarifas Municipais*, avail. at: <http://www.setuf.com.br/facil/> (accessed 20 Jun 2014)
- SL. 2014. *Köpa biljett*. Available at: <https://sl.se/sv/kop-biljett/> (accessed in 15 June 2014)
- Stockholm Stad et al. 2011. *Hammarby Sjöstad – a new city district with emphasis on water and ecology*. Stockholm: Stockholms Stad.
- Technical University of Denmark. 2014. *The Danish National Travel Survey*, available at: <http://www.modelcenter.transport.dtu.dk/english/TU> (accessed 15 July 2014).
- Transport for London. 2009. *Travel in London – Report Number 1*. London: Transport for London.
- United States Department of Transportation. 2011. *Summary of Travel Trends: 2009 National Household Travel Survey*. Washington: US Department of Transportation.
- Urbistat 2011a. Maps, analysis and statistics about the resident population. Municipality of Hannover, Landeshauptstadt. Avail. at: <http://www.urbistat.it/AdminStat/en/de/demografia/dati-Urbistat>.
- Urbistat. 2011b. Maps, analysis and statistics about the resident population. Province of Freiburg Im Breisgau. Available at: <http://www.urbistat.it/AdminStat/en/de/demografia/dati-sintesi/freiburg-im-breisgau/8311/3> (accessed in 10 July 2014).
- Vestbro, D.U. 2005. *Conflicting Perspectives in the Development of Hammarby*. Stockholm.
- Wheeler, S. 2004. *Planning for sustainability*. New York: Routledge.



Impact of greywater reuse on domestic wastewater flow rate in a multi-storey building in Brazil

Karolyna Costa Aguiar

Federal Institute of Espírito Santo, Building Coordination, Vitória (ES), Brazil

karolyna.aguiar@ifes.edu.br

Ricardo Franci Gonçalves

Federal University of Espírito Santo, Department of Environment Engineering, Vitória (ES), Brazil

rfg822@gmail.com

ABSTRACT:The main objective of this study was to verify the impact of the greywater reuse system to flush toilets in wastewater flow rates of a multifamily residential building. The monitoring of blackwater and dark greywater was carried out installing a Parshall flume measurement system, and the flow rates of light greywater were measured with the installation of hydrometers. The monitoring was performed by daily readings of all the meters in the building starting 8 am, and also the survey of the four 24h production profiles. 64% of the wastewater produced corresponds to the total light greywater production. 22% correspond to the dark greywater and 14% to blackwater. The intervals of higher per capita production observed were: from 10 am to 12 pm for dark greywater and from 6am to 8am for blackwater. The time range of higher total wastewater production was from 10am to 12pm, when it was produced 85.09 ℓ /per.2h on average. The per capita production indicator of light greywater obtained was 152.02 ℓ /per.day, the indicator of dark greywater was 52.64 ℓ /per.day, and the indicator of blackwater production was 33.46 ℓ /per.day. The average per capita production of $WW_{Network}$ was 215.62 ℓ /per.day. The reduction impact in $WW_{Network}$ due to the reuse was 9.45% in the monitored building in this work.

Keywords: *Wastewater; Greywater reuse; Blackwater; Ecosan; Multi-storey building*

1. INTRODUCTION

The problem of dealing with the increase of human waste has gradually grown in the world and has become a dilemma. In terms of sanitation in Brazil, the proper destination of human waste aims to control and prevent the diseases related to it (Funasa, 2006). But it became clear internationally that the sanitation systems should not only collect the human waste with hygiene and safety and dispose properly, but also offer an option to reuse the nutrients in agriculture (Niemczynowicz, 2001). The organic solid waste and domestic wastewaters are a potential source of nutrients, energy and water (Van Voorthuizen et al, 2005). The separation of these solid and liquid wastes at the source and the decentralized treatment can lead to an efficient use of the existing nutrient and at least 25% of reduction in the final consumption of potable water (Zeeman et al, 2007).

The conclusions of scientists and politicians, including the governments of several European countries, to make the nutrients in the wastewater available to recycling in agriculture, are that sanitary systems should be altered to allow the decentralization, perhaps to the level of a one single-family residence or a group of single-family habitations (Niemczynowicz, 2001). Therefore, the decentralized, sustainable or ecological sanitation (Ecosan) focuses on the segregated collection of the wastewater of different qualities, directing them to appropriate treatments (near the site where they were generated), intending to maximize the opportunities of reuse and recovery of nutrients, water and energy (Masi, 2009).

Although the main focus of Ecosan is the reuse of urine and excreta, as well as saving the potable water used to transport human excreta (Paulo et al., 2007), the reuse of greywater is an attractive alternative to conventional sanitation systems, because the water reuse in residential buildings is very interesting, considering that the water consumption in densely urbanized areas, at this scale, is up to 50% of total consumption (Gonçalves & Jordão, 2006). In addition, water reuse is a key part of reducing the pressure on water resources lowering the demand for potable water for purposes that do not require water's high quality (Chripim & Nolasco, 2016).

According to Paulo et al. (2007), the separation of blackwater (from the toilets) from greywater (all effluent generated in a residence except the parcel from the toilets), reusing the second, would be a great step towards the implementation of the ecologic sanitation, since this practice would significantly reduce the volume of wastewater generated.

Therefore, the characterization of these various types of wastewater in residential scale is extremely important to the success of reuse projects, because the more information is obtained from the effluent, more appropriate the decision regarding the treatment that meets the established quantity and quality demands to the desired objective (Nour et al., 2006). Given the above, this research aimed to verify the impact of the greywater reuse system in wastewater flow rates of a multifamily building, through the characterization of the segregated wastewater production.

2. MATERIALS AND METHOD

2.1 Research contextualization

The research was developed in a multifamily residential building with greywater reuse system used to toilet flushing, located on an upscale neighborhood in the city of Vitória, Espírito Santo. The building has a Greywater Treatment Plant (GWTP) and also some water conservation measures such as individual

hydrometers and equipment that promote water savings such as toilets with attached water reservoirs and faucet sink aerators.

The building also has two sources of water supply: a potable source, provided by the water utility company, and an alternative source, not potable, the recycled water. These sources are routed by independent systems: the cold potable water distribution subsystem and the recycled water distribution subsystem. The building also has a hot potable water distribution subsystem, as it has a collective and centralized water heating by solar panels located on the top of the building.

According to the building's hydrosanitary project, all the toilets in the pilotis floor and the standard floor should be supplied with reuse water. In the project, only the toilet in the doorman's bathroom was supposed to be supplied with potable water. However, in the monitoring, three toilets in the pilotis pavement and a few toilets in the maid's bathrooms of the standard pavements were being supplied with potable water through the hygienic hand shower feeding point, not using recycled water. It was not possible to quantify the number of toilets with this connection error because it was not possible to access every apartment. This connection error happened because the GWTP was not finished when the residents started to move in, so the water supply of the toilets was connected to the hygienic hand shower feeding point temporarily, with potable water, to make sure the toilets worked properly. In a few apartments it was forgotten to exchange this connection.

The wastewater collection system is segregated at the source. The wastewater from the shower, sinks, tanks and washing machines (WM) are collected by a special lateral pipe of light greywater (GW_{light}) and conducted by gravity to the GWTP. The wastewater from the kitchen sinks and dishwasher machine (DM), called dark greywater (GW_{dark}), area collected by a lateral pipe of dark greywater and send to a grease trap and to a final inspection chamber of the building, from where it goes to the public sewer network. The wastewater from the toilets (blackwater) is collected in a lateral pipe of blackwater, directed to the last inspection chamber of the building and then to the public sewer network.

2.2 Greywater Treatment Plant (GWTP)

The GWTP is located on the underground and occupies a total area 12 m^2 , including the circulation area. It is composed by 6 modules with individual dimensions of $1.0 \times 1.0 \times 2.2\text{ m}$ (LxWxH), 2 pumps to recirculate the sludge, air compressor and a filtering system.

In this treatment plant the wastewater goes through an inlet chamber (Fig. 1), which retains the solids in the gross greywater and controls the inlet flow rate of the GWTP, directing the surplus to the public sewer network. The box inlet contains two regulation tulip-type weirs of 100 mm of diameter (Fig. 2). The water which goes through the first tulip-type weir is directed to the GWTP, and the water which goes to the other tulip-type weir is directed to the public sewage system. The flow rate control is done by the adjustment of the height of the weirs.

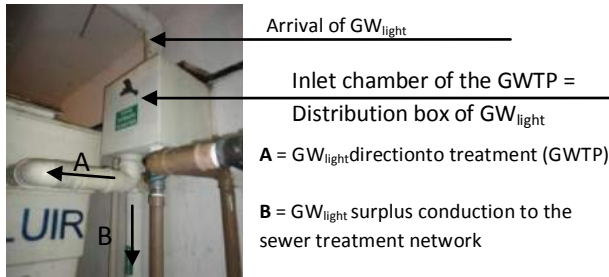


Figure 1. Greywater distribution box

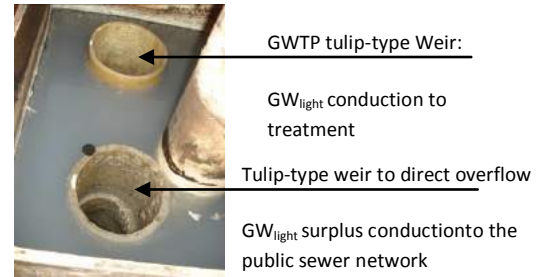


Figure 2. Tulip-type weirs of the inlet chamber

After that, the wastewater is conducted, in the following order, to the three compartments of the Compartmented Anaerobic Reactor (CAR), Submerged Aerobic Biological Filter (SABF), Secondary Decanter (SD), Equalization Tank, Tertiary Filter and chlorine disinfection, as the flowchart in Figure 3. Once the process finishes, the treated water, called recycled water, is stored in a lower reservoir, from where it is pumped to an upper reservoir, from which it will feed the toilets of the apartments. The reservoirs of recycled water and potable water are independent. In case it is needed, a reversion of the reuse system to use potable water was predicted.

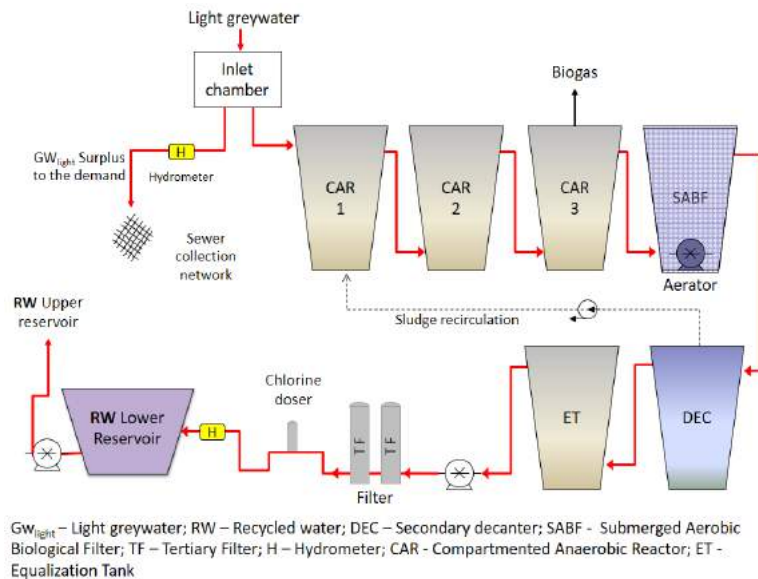


Figure 3. Flowchart of GWTP process.

2.3 Wastewater flow rate monitoring

To monitor the blackwater and dark greywater flow rates, a Parshall Flume (PF) was installed, equipped with an ultrasonic level sensor and a microprocessor-based converter, which provide an instant indication of the flow rate and the total volume that goes through, according to the detailed bellow (Pereira & Sasaki, 2002):

Parshall Flume (primary instrument) - flow rate measurement instrument compound by an open channel with standard dimensions - the liquid is forced through a narrow throat, and the liquid level upstream of the throat indicates the flow rate to be measured through a standard formula;

Level sensor (secondary instrument) - ultrasonic transducer which emits a sound wave that reaches the surface of the material and is reflected as an echo; the transit time or return time is measured, and the distance to the reflecting object is converted electronically into a distance indicator, which is then converted to level, flow or other desired parameters; and

Converter (secondary instrument) – microprocessor-based device which receives the level sensor signal (measurement of the depth of the water) and converts it to flow rate or volume totalization, depending on the features of the flume.

The Parshall flume (Fig. 4) with neck width of 1", made of fiberglass, has been installed in the last inspection chamber of the system before the connection with the public sewer network. The ultrasonic level sensor (Fig. 4) was installed in an area protected from the weather, in the converging section at 2/3 from the narrow throat of the Parshall flume, in a metallic bracket, leveled and centered on the axis of the throat, as determined by the manufacturer. The converter (Fig. 5) was installed on the service hall located on the building ground floor.



Figure 4. Parshall flume and ultrasonic level sensor



Figure 5. Converter

An admeasurement of the Parshall flume wastewater measurement system installed was performed and the values found were 39% higher than the real values. Thus, it was possible to correct the flow rate registered by the converter to obtain a closer value to the real wastewater flow rate. To monitor light greywater produced beyond demand, it was installed a hydrometer in the pipe that directs the surplus light greywater to the sewer collection network. This pipe is located after the overflow tulip-type weir on the distribution box of the greywater, on the GWTP.

Another hydrometer was installed in the treatment output, because the sum of the records of the two hydrometer would represent the total light greywater production ($GW_{\text{light Total}}$). The monitoring of the blackwater and dark greywater flow rates was carried out from September 2010 to January 2011. Whilst the light greywater flow rates were monitored between December 2010 and January 2011. The monitoring of the wastewater was carried out through daily reads of the measuring devices in the morning, starting at 8am. Furthermore, four 24h production profiles, in which were registered by hydrometer readings every 2h, also starting 8am. The reading was manual and performed by only one person, so the same reading sequence was executed every day.

2.4 Characterization of domestic wastewater flow rates

With the installation of the wastewater measurement equipment it was possible to calculate the blackwater plus the dark greywater production ($P_{\text{BW}} + GW_{\text{dark}}$), the production of light greywater demand surplus thrown into the collection network ($P_{\text{GWLighNetwork}}$), the total production of light greywater ($P_{\text{GWLighTotal}}$), the total domestic wastewater production thrown into the collection network ($P_{\text{WWNetwork}}$) and the total wastewater production (P_{WWTotal}) of the building.

As the effluent measured in the Parshall flume system (PFS) is BW with GW_{dark} , only the volume of the BW was calculated separately. Considering that the BW are the effluent from the toilets (T), including water, urine, feces and toilet paper and, in the building analyzed, the recycled water (RW) supplies only the toilets, the daily production of BW was calculated based on the RW consumption data, which is the toilet consumption; the daily frequency of toilet use to urinate and defecate per person (obtained from Aguiar 2011); the average volume of excreted feces per person per each act of defecating; the average volume of urine excreted per person per urination (obtained from Aguiar 2011); and the building population,

obtained from the doorman's monitoring. Once the BW production is found, the GW_{dark} is calculated by subtracting the BW of the value measured by the PFS.

2.5 Indicator of per capita production of domestic wastewater

The indicator of per capita production of domestic wastewater (ℓ /per.d) is defined as the volume of the production of domestic wastewater produced per person per day. As there is a water segregation system in the building, production indicators per capita of GW_{light} , GW_{dark} , BW, $WW_{Network}$ and WW_{Total} were calculated. The indicator of per capita production of GW_{light} corresponds to the total production of GW_{light} per person per day, including the amount which was reused, that is, the offer of GW_{light} produced per person. The indicator of total domestic wastewater production per capita in the building corresponds to the total amount of domestic wastewater produce per person per day in the building, including the quantity of reused GW_{light} . And the indicator of $WW_{Network}$ corresponds to the total domestic wastewater produced per person per day in the building, except the amount of GW_{light} reused.

2.6 Evaluation of the reuse impact on the domestic wastewater flow rates

The evaluation of the reduction impact of $WW_{Network}$ was performed from the analysis of the per capita indicators of production of $WW_{Network}$ and WW_{Total} of the monitored building, with ten days of monitoring. In the situation without reuse, all the wastewater produced goes straight to the sewage treatment network. Therefore, the impact of the reducing the discharge on the network was calculated as Equation 1 below:

$$RI_w = \frac{PI_{WW\ Total} - PI_{WW\ Network}}{PI_{WW\ Total}} \times 100 \quad (\%) \quad (1)$$

where RI_w = is the impact of reducing the domestic wastewater on the sewage network (%), $PI_{WW_{Total}}$ = is the indicator of the per capita production of WW_{Total} (ℓ /per.d), e $PI_{WW_{Network}}$ = is the indicator of per capita production of $WW_{Network}$ (ℓ /per.d).

3. RESULTS

3.1 Wastewater flow rate history

The production history of blackwater (BW) and the dark greywater (GW_{dark}) in the building was obtained through daily monitoring, from September 1, 2010 to January 23, 2011. As for the light greywater production sent to the network ($GW_{lightNetwork}$) and the domestic wastewater sent to the public sewer network ($WW_{Network}$) were monitored in a few days of December and January, with 11 days of monitoring for light greywater and 10 days of monitoring for domestic wastewater released in public sewage collection system.

3.2 Domestic Wastewater distribution

Figure 6 shows the distribution of total domestic wastewater produced in the building, in which is possible to verify that 64% corresponds to $GW_{lightTotal}$, with an average volume of $9\ m^3$ /day; 22% correspond to GW_{dark} with an average production volume of $3.12\ m^3$ /day; and the smallest parcel, 14% corresponds to BW with an average volume of $1.98\ m^3$ /day. However, a parcel of the GW_{light} ($1.86\ m^3$ /day) is reused after the treatment to flush toilets and $7.4\ m^3$ /day are directed to the public sewer network. The Figure 7 shows the distribution of the WW sent to the sewage network. On average, 16% ($1.98\ m^3$ /day) of the WW of the

building sent to the public sewer network correspond to BW, 26% (3.12 m³/day) are GW_{dark} and 58% (7.14 m³/day) correspond to GW_{light}Network

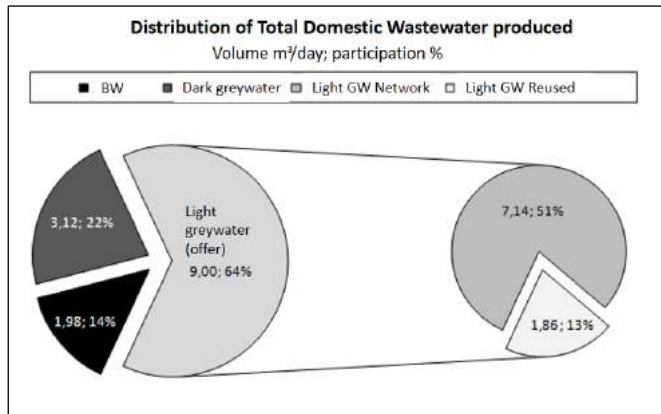


Figure 6. Composition of the WW_{Total} produced.

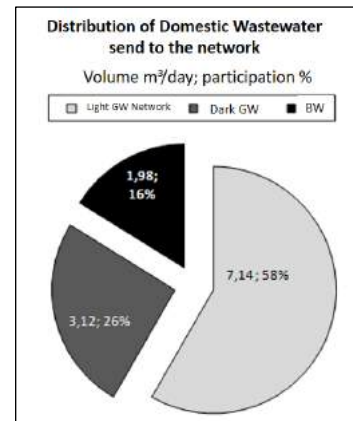


Figure 7. Composition of WW_{Network}

3.3 Variation of WW production throughout the day

The profiles of the 24h production per capita of BW, GW_{dark}, GW_{light}Network, GW_{light}Total, WW_{Network} and WW_{Total} are shown in Figure 8. It is possible to notice that the per capita profile of GW_{dark} showed the highest production peak from 10am to 12am (24 ℓ/per.2h). On the other hand, Penn et al. (2012) reported that the dark greywater sharp peak was approximately at 08am at the morning.

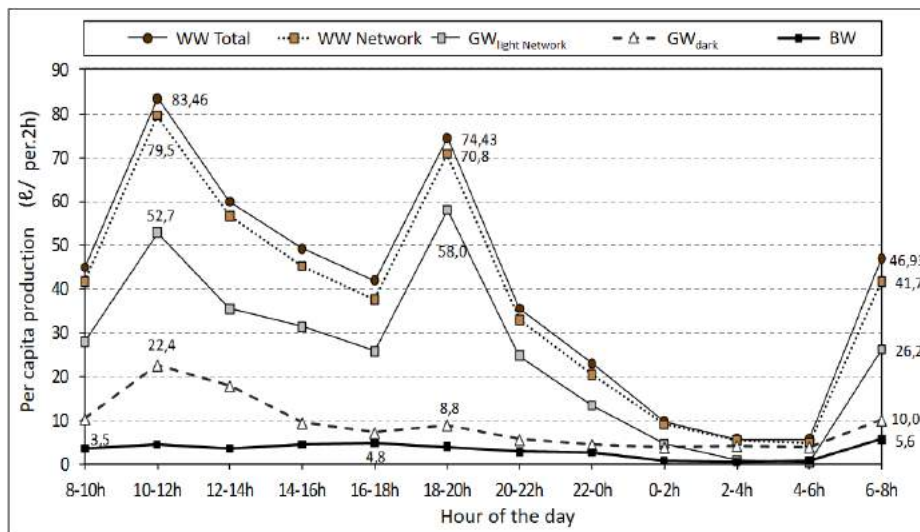


Figure 8. Per capita production profile of domestic wastewater in 24 hours.

The production profile per capita of BW presented a peak from 6am to 8 am (5.6 ℓ/per.2h), similar to the peak of blackwater production (0.9 ℓ/10 min/per or 10.8 ℓ/per.2h) in the study developed by Penn et al. (2012). The time range with the highest WW_{Network} and WW_{Total} was from 10am to 12am, when 81.1 ℓ/per.2h and 85.09 ℓ/per.2h were produced, respectively.

3.4 Indicator of per capita production

The indicators of per capita production of light greywater, dark greywater, blackwater, domestic wastewater sent to the sewer network and the total domestic wastewater, obtained in this research, are

presented in Table 1 along with indicators found in literature for comparison. According to the results, the average greywater production in this study was 204.66 ℓ per person and day, while the total average wastewater production was approximately 238 L per person and day (86% as greywater and 14% as blackwater), higher comparing to Antonopoulou et al. (2013) estimated in Greek households, 142 ℓ per inhabitant and day (58% as greywater and 42% as blackwater) and Penn et al. (2012) estimated in houses in Israel, 138 ℓ per person and day.

Table 1. Indicators of production per capita of GW_{light}, GW_{dark}, BW, WW_{Network} and WW_{Total} comparing to the literature

Author	Year	Location	Edification type	Wastewater production (L per person and day)				
				IP GW _{light}	IP GW _{dark}	IP BW	IP WW Network	IP WW Total
This research	2011	Vitória - ES	Multifamily with reuse	152.02	52.64	33.46	215.62	238.12
Cheung et al.	2009	Florianópolis- SC	Single-family low-income residence with reuse and RW	91	22	31	-	-
Custódio & Ferreira	2005	Goiânia - GO.	Single-family	-	-	-	138.76	-
Valentina	2009	Vitória - ES	Multifamily with reuse	195	-	-	-	-
Pansonato et al.	2007	Campo Grande - MS	Low-income residence	58,6	17,34	-	-	-
Peters et al.	2006	Florianópolis- SC	Low-income residence	54.3	-	-	-	90.63
Prathapar et al.	2005	Oman	Residences	105	55			
Palmquist e Hanæus	2005	Sweden	Residences		66	28.5		
Halalsheh et al.	2008	Jordan	Residences on rural areas	14				
Parkinson et al.	2005	Goiânia - GO	Single-family				241	241
Henze & Ledin	2001	Japan	Single-family	120	20	50	200	200
Antonopoulou et al.	2013	Greece	Residences	63.8	18.8	59.4		142
Penn et al	2012	Israel	Residences	73.8	26.6	37.7		138.1

RW: rain water use

It is possible to see in Table 4, that the average per capita production of GW_{light} obtained in this work (152,02 ℓ/per.day) was the second highest among those presented in the literature. The largest was obtained by Valentina (2009) (195 ℓ/per.day) in a standard building like the building monitored in this study. The lower (14 ℓ/per.day) was found by Halalsheh et al. (2005) in households located in rural areas in Jordan, a country facing water scarcity. The production of GW_{light} found in this work was almost three (3) times greater than that obtained by Peters et al. (2006), whose value was 54.3 ℓ/per.day, for low-income residence. This difference is due to the fact that the building analyzed by this work is a high standard type, which justifies the higher consumption of water and, consequently, increased greywater production.

The results obtained in this work for the per capita production of dark greywater (52.64 ℓ/per.day), or effluents from kitchens, was close to that found by Prathapar et al. (2005), which showed that production in Oman, Asia, averaged 55 ℓ/per.day. The mean per capita production of blackwater was 33.46 ℓ/per.day, value close to those reported by Cheung et al. (2009), a low-income residence on the outskirts of Florianópolis - SC (31 ℓ/per.day), by Palmquist & Hanæus (2005), a residence in Sweden (28.5 ℓ/per.day) and by Almeida et al. (1999), in homes in England (31.51 ℓ / per.d), while it is lower comparing to Henze & Ledin (2001) and Antonopoulou et al (2013).

The average per capita production of domestic wastewater released to the public sewer network (215.62 ℓ/per.day) was lower than the average estimated by Parkinson et al. (2005). And it was higher than the values found by Henze & Ledin (2001) and also by Custodio & Ferreira (2005) in a community of single-family homes in Goiânia-GO. However, the indicator found by Custodio & Ferreira (2005) was considered low by the authors, because they verified in the study a low return coefficient (0.37), that is, only 37% of the potable water that enters the condominium returns to the sewer network. The rest is dissipated mainly on watering gardens, since it is a residential condominium with extensive gardens.

4. EVALUATION OF THE REUSE IMPACT IN WASTEWATER PRODUCTION

The evaluation of the reduction impact in wastewater production released to public sewer network was performed from the analysis of indicators of the total production of domestic wastewater per capita and the amount released to the sewer network, in 10 days of monitoring in the studied building. The indicator of Total production of wastewater would correspond to the indicator of the wastewater sent to the sewer network if the building did not have reuse. Thus, it is possible to calculate the reduction of the wastewater sent to the sewer network due to the reuse. The results are shown in Table 2.

Table 2. Reduction impact of domestic wastewater send to the sewer network

IP _{WWNetwork} (ℓ/per.d)	IP _{WW Total} (ℓ/per.d)	RI _{ww} (%)
215.62	238.12	9.45

The impact in reduction of wastewater send to the sewer network, under the reuse conditions this work for the monitored building was 9.45%. Through this result, it fulfilled the objective of this work that was verify the impact of the greywater reuse system in wastewater flow rates of a multifamily building, through the characterization of the segregated wastewater production.

5. CONCLUSION

The daily wastewater production was 238.12 ℓ per person per day, 86% of this amount was characterized as greywater (64% light greywater and 22% dark greywater) and 14% blackwater. Whereas only a parcel of the light greywater is reused (13% of the total wastewater produced in the building).

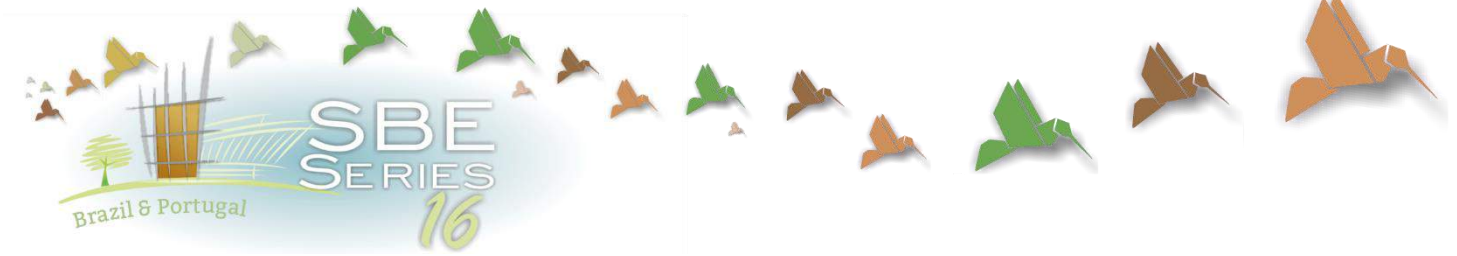
The average daily volume per capita of GW_{light} (152.02 ℓ) was much higher than the volumes of BW (33.46 ℓ) and GW_{dark} (52.64 ℓ), and there is still a large portion of GW_{light} (51 % of sewage produced) that could be reused for other activities such as pavements washing and garden watering, but is diverted to the sewage collection network.

The wastewater production sharp peak was at the morning (10 am to 12 am), but the light greywater production sharp peak was at the evening (6 pm to 8 pm) and the blackwater production sharp peak was between 6 am to 8 am.

The practice of reuse has led to a reduction of 9.45% of domestic wastewater released to the sewer collection network in 10 days of monitoring. The low value found may be associated with the use intended for greywater after treatment be only for toilet flushing. In addition, this percentage could better if the greywater will use

6. REFERENCES

- Aguiar, K. C. 2011. *Comparação dos potenciais de conservação de água com a prática do reúso de águas cinza e com a coleta segregada da urina humana em uma edificação residencial multifamiliar*. 129 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da UFES.
- Antonopoulou, G. Kirkou, A. & Stasinakis, A. S. 2013. Quantitative and qualitative greywater characterization in Greek households and investigation of their treatment using physicochemical methods. *Science of the Total Environment* 454-455 (1): 426-432.
- Cheung, P. B. et al. 2009. Consumo de água. In: Gonçalves, R. F. *Uso racional da água e energia: conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água*. Rio de Janeiro: ABES.
- Chripim, M. C. & Nolasco, M. A. 2016. Greywater treatment using a moving bed biofilm reactor at a university campus in Brazil. *Journal of Cleaner Production*.
- Custódio, S. P. & Ferreira, O. M. 2005. *Condomínio residencial Aldeia do Vale: consumo de água e geração de esgoto*. Disponível em: <<http://www.ucg.br>>. Acesso em: 10 fev. 2011.
- Funasa – Fundação Nacional de Saúde (Brasil). 2006. *Manual de saneamento*. 4. ed. rev. Brasília, DF: Fundação Nacional da Saúde.
- Gonçalves, R. F. & Jordão, E. P. 2006. Introdução. In: Gonçalves, R. F. (Coord.). *Uso racional da água em edificações*. Vitória: ABES.
- Halalshah, M.; Dalahmeh, S.; Sayed, M.; Suleiman, W.; Shareef, M.; Mansour, M. & Safi, M. 2008. Grey water characteristics and treatment options for rural areas in Jordan. *Bioresource Technology* 99(14): 6635-6641.
- Henze, M. & Ledin, A. 2001. Types, characteristics and quantities of classic, combined domestic wastewaters. In: Lens, P.; Zeeman, G.; Lettinga, G. *Decentralised sanitation and reuse: concepts, systems and implementation*. London: IWA Publishing.
- Masi, F. 2009. Water reuse resources recovery: the role of constructed wetlands in the Ecosan approach. *Desalination* 246(1-3): 27-34.
- Niemczynowicz, J. 2001. The urban sanitation dilemma. In: Lens, P.; Zeeman, G.; Lettinga, G. *Decentralised sanitation and reuse: concepts, systems and implementation*. London: IWA Publishing.
- Nour, E. A. A. Phillippi, L. S. Roston, D. M. Zanella, L. Gonçalves, R. F. 2006. Gerenciamento de águas negras e amarelas. In: GONÇALVES, R. F. (Coord.). *Uso racional da água em edificações*. Rio de Janeiro: ABES.
- Palmquist, H. & Hanæus, J. 2005. Hazardous substances in separately collected grey and blackwater from ordinary Swedish households. *Science of the total environment*. 348(1-3): 151– 163.
- Pansonato, N.; Azevedo, C.; Ribeiro, A. S.; Asmus, A. F.; Paulo, P. L. 2007. Greywater characterisation in low-income household in Campo Grande, Ms, Brazil. *Sustainable sanitation: Food and water security for Latin America. Proc. intern. confer.*, Fortaleza, 2007.
- Parkinson, J. N. & Campos, L. C. 2005. Desenvolvimento de um modelo para a caracterização quantitativa e qualitativa de esgotos domésticos. *23 Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Proc. nacio. congr.* Campo Grande, 2005.
- Paulo, P. L.; Braga, A. F. M. ; Maximovitch, A. C. ; Boncz, M. Á. 2007. Tratamento de água cinza em uma unidade residencial de banheiros construídos. *24 Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Proc. nacio. congr.* Belo Horizonte. Rio de Janeiro : ABES.
- Penn, R.; Hadari, M. ; Friedler, E. 2012. Evaluation of the effects of greywater reuse on domestic wastewater quality and quantity. *Urban Water Journal* 9(3): 137-148.
- Pereira, L. G. & Sasaki, E. 2002. *Sistema de medição de esgoto em canal aberto (calha parshall)*. Sanasa, Campinas. Disponível em: <<http://www.semasa.sp.gov.br>>. Acesso em: 12 fev. 2011.
- Peters, M.R., Darela, C.P., Pascal, J.A., Sezerino, P.H., Philippi, L.S. 2006. Quantificação e caracterização de águas cinza para reúso doméstico. *V Simpósio internacional de qualidade ambiental, Proc. intern. symp., Porto Alegre, 2006*.
- Prathapar, S. A; Jamrah, A.; Ahmed, M.; AL Adawi, S., Al Sidairi S., Al Harassi, A. 2005. Overcoming constraints in treated greywater reuse in Oman. *Desalination* 186(1-3): 177-186.
- Valentina R. S. D. 2009. *Gerenciamento da qualidade e da quantidade de água cinza em uma edificação residencial de alto padrão com vistas ao seu reúso não potável*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2009.
- Van Voorthuizen, E. M.; Zwijnenburg, A.; Wessling, M. 2005. Nutrient removal by NF and RO membranes in a decentralized sanitation system. *Water research* 39 (15): 3657-3667.
- Zeeman, G.; Kujawa, K.; Mels, A. Meulman, B.; Kwant, F. 2007. Full scale demonstration of vacuum collection, transport & treatment of black water. *Proceedings, advanced sanitation, Aachen, Institute of environmental engineering RWTH Aachen University, IWA International Water Association, 12 - 13 March, Aachen, Germany. 2007*.



Chapter 10

Sustainable urban mobility and accessibility

SBE16 Brazil & Portugal
Sustainable Urban Communities towards a Nearly Zero Impact Built Environment
ISBN: 978-85-92631-00-0



Comparative analysis of factors affecting the cyclists' route choice

Isabel Cristina Nunes de Sousa

Federal University of São Carlos, Sustainable Mobility Study Center, Graduate Program in Urban Engineering, Department of Civil Engineering, São Carlos (SP), Brazil
isabelnunes.sousa@ufscar.br

Suely da Penha Sanches

Federal University of São Carlos, Sustainable Mobility Study Center, Graduate Program in Urban Engineering, Department of Civil Engineering, São Carlos (SP), Brazil
ssanches@ufscar.br

ABSTRACT: The purpose of this article is to discuss the main factors that influence cyclists' route in a Brazilian medium-sized city. Data for the analysis were obtained by means of questionnaires applied to a sample of cyclists. Respondents were asked about their personal characteristics (gender and age), travel behavior (frequency and experience with cycling) and the importance of several factors for their route choice. The rank of importance obtained from the analysis was compared to the results found in the literature and also with another survey conducted in the Brazilian context. The results of this survey may be used to subsidize the planning of sustainable urban transport systems, and may provide guidance to the allocation of resources in building cycling infrastructure. Finally, the definition of what constitutes a preferential environment for cyclists is emphasized, as it can help the urban planners to preserve, restore or create environments that attract more users to this sustainable mode of transport, making it viable for the daily trips.

Keywords *cycling routes; bicycle planning; cycling networks.*

1. INTRODUCTION

All over the world, the bicycle is becoming an important option of transport mode, due to the ever worsening traffic conditions. Also, the growing concern about the harmful effects of environmental pollution and a sedentary lifestyle, contribute to increase the number of cyclists in cities.

This also happens in Brazil but, in many Brazilian cities, cycling infrastructure is absent or insufficient. Therefore, it is necessary to invest in providing the emergent demand for cycling trips with adequate infrastructure.

Information about the route choice behaviour is essential for the definition of functional cycling networks that meet the desire lines (direct connections between the points of origin and destination) of the users. In order to define which routes would be more attractive to cyclists, it is necessary to know the factors that influence their route choice (Segadilha & Sanches, 2014).

In this context, this paper presents the results of a survey carried out with a sample of cyclists in a Brazilian medium-sized city, in order to identify the main factors that determine their option for a route.

2. FACTORS THAT INFLUENCE CYCLISTS' ROUTE CHOICE

Several attributes and user characteristics that influence the route choice can be identified in the scientific literature (Menghini et al. 2010). Comparing the chosen route to the ones that were not chosen is a recurrent strategy used by researchers in order to gather information on route preferences that could be useful for cycling planning (Aultman-Hall, Hall & Baetz, 2007).

The main factors that influence the cyclist route choice can be grouped into five categories, as shown in Table 1.

Table 1 - Summary of literature review about the factors that influence the cyclists' route choice

FACTOR	REFERENCES
PHYSICAL CHARACTERISTICS	
Cycling infrastructure	Abraham et al. (2002); Moudon et al. (2005); Stinson & Bhat (2003, 2005); Krizek (2006); Krizek, El-Geneidy & Thompson (2007); Sener, Eluru & Bhat (2008); Broach, Gliebe & Dill (2009); Menghini et al. (2010); Winters et al. (2010); Larsen & El-Geneidy (2011); Caulfield, Brick & Mccarthy (2012); Li et al. (2012); Krenn, Oja & Titze (2014); Zhao (2014);
Topography (slopes)	Stinson & Bhat (2003, 2005); Sener, Eluru & Bhat (2009); Menghini et al. (2010); Hood, Sall & Charlton (2011); Broach, Dill & Gliebe

FACTOR	REFERENCES
	(2012); Rondinella, Fernández-Heredia & Monzón (2012); Koh & Wong (2013); Krenn, Oja & Titze (2014);
On-street parking	Stinson & Bhat (2003, 2004); Krizek (2006); Tilahun, Levinson & Krizek (2007); Sener, Eluru & Bhat (2008, 2009); Menghini et al. (2010);
Pavement (type and conservation)	Stinson & Bhat (2004); Aultman-Hall, Hall & Baetz (2007);
Barriers / obstacles	Stinson & Bhat (2005); Emond & Handy (2012);
TRAFFIC CHARACTERISTICS	
Stop signs	Fajans & Curry (2001); Casello, Rewa & Nour (2012); Stinson & Bhat (2003); Aultman-Hall, Hall & Baetz (2007); Papinski, Scott & Doherty (2009); Sener, Eluru & Bhat (2009); Menghini et al. (2010); Winters et al. (2010); Broach, Dill & Gliebe (2012); Caulfield, Brick & McCarthy (2012); Krenn, Oja & Titze (2014); Zhao (2014);
Speed and volume of traffic	Aultman-Hall, Hall & Baetz (2007); El-Geneidy, Krizek & Iacono (2007); Hunt & Abraham (2007); Sener, Eluru & Bhat (2009); Winters et al. (2010); Broach, Gliebe & Dill (2009, 2011); Caulfield, Brick & McCarthy (2012); Segadilha & Sanches (2014b);
Traffic composition	Sener, Eluru & Bhat (2009); Broach, Dill & Gliebe (2012); Menghini et al. (2010); Winters et al. (2010);
Number of street lanes	Shankwiler (2006); Hyodo, Suzuki & Takahashi (2000);
Road hierarchy	Abraham et al. (2002); Aultman-Hall, Hall & Baetz (2007); Winters et al. (2010); Koh & Wong (2013);
ENVIRONMENTAL CHARACTERISTICS	
Trees (shade)	Winters et al. (2010); Krenn, Oja & Titze (2014);
Lighting	Menghini et al. (2010);
Land use	Stinson & Bhat (2003); Winters et al. (2010); Lee, Jennings & El-Geneidy (2011); Koh & Wong (2013);
TRIP CHARACTERISTICS	
Time/duration	Stinson & Bhat (2003, 2005); Papinski, Scott & Doherty (2009); Sener, Eluru & Bhat (2009); Menghini et al. (2010); Hood, Sall & Charlton (2011); Caulfield, Brick & McCarthy (2012); Yang & Mesbah (2013);

FACTOR	REFERENCES
Lenght/distance	Abraham et al. (2002); Casello, Rewa & Nour (2012); Dickinson et al. (2003); Aultman-Hall, Hall & Baetz (2007); Menghini et al. (2010); Winters et al. (2010); Broach, Gliebe & Dill (2011); Heinen, Maat & Wee (2011); Yang & Mesbah (2013); Beheshtitabar et al. (2014); Krenn, Oja & Titze (2014);
CYCLIST CHARACTERISTICS	
Gender	Dickinson et al. (2003); Krizek, Johnson & Tilahun (2004); Aultman-Hall, Hall & Baetz (2007); Dill & Gliebe (2008); Sener, Eluru & Bhat (2009); Rondinella, Fernández-Heredia & Monzón (2012);
Experience	Stinson & Bhat (2005); El-Geneidy, Krizek & Iacono (2007); Hunt & Abraham (2007); Dill & Gliebe (2008); Sener, Eluru & Bhat (2009); Winters et al. (2010); Larsen & El-Geneidy (2011);
Age	Bernhoft & Carstensen (2008)
Perception of security	Dickinson et al. (2003); Krizek, Johnson & Tilahun (2004); Tilahun, Levinson & Krizek (2007); Harvey, Krizek & Collins (2008); Sener, Eluru & Bhat (2008, 2009); Dill (2009); Kang & Fricker (2013); Koh & Wong (2013); Zhao (2014);

From the literature review, it could be inferred that, predominantly, cyclists prefer routes with continuous cycling infrastructure, absence of parallel parking, low volumes of traffic, low speeds, fast and short paths.

The experienced cyclists feel comfortable riding in shared traffic and are relatively indifferent to the type of cycling infrastructure. These cyclists prefer routes that minimize travel time and reduce delays.

In general, the trips made by men and women have different characteristics. For example, the number of bicycle trips made by men in the United States, outnumber the trips made by women on a ratio of, at least, two to one. The gender-related differences are also expressed in the average length of travel, with men traveling longer distances.

There is, in general, a preference for flat routes (or the ones with moderate slopes), with few mandatory stop points (like traffic lights, intersections, stop signs, roundabouts, etc.).

3. METHODOLOGY

Data for the analysis were obtained by means of stated preference, in which some questionnaires were applied to a sample of cyclists who use the bicycle for most of their utilitarian travels. The cyclists were found, mostly, in places with bike parking rack.

Respondents were asked about their personal characteristics (gender and age), travel behavior (frequency and experience with cycling) and the importance of several factors for their route choice

20 factors that may influence route choice were included in the questionnaire. The respondents were asked to evaluate each factor in a five-point semantic differential scale: (1) Totally unimportant (2) Not very important, (3) Indifferent, (4) Important and (5) Very Important.

4. RESULTS

The survey was carried in São Carlos-SP, a medium-sized city, with around 240 thousand inhabitants (IBGE, 2016). According to an Origin-Destination survey held in 2008, only 3% of the trips are made by bicycle in the city.

Table 2 presents the respondents' profile, with the general characteristics of the 30 cyclists who participated in the survey. The sample consists predominantly of men (above 80%) aging between 18 and 25 (more than 50%).

Table 2 – Cyclists profile

GENDER		AGE GROUP	
Male	83,3%	< 18 years	0,0%
Female	16,7%	18 to 25 years	53,3%
		26 to 35 years	26,7%
		36 to 45 years	13,3%
		> 45 years	6,7%

Table 3 shows that the respondents were experienced cyclists who ride the bicycle frequently.

Table 3 – Travel behavior of the cyclists

CYCLING EXPERIENCE		FREQUENCY OF BICYCLE USE	
Less than 3 months	0%	1 to 3 times a week	10%
3 to 6 months	10%	More than 3 times a week	90%
6 months to 2 years	20%		
2 to 5 years	30%		
More than 5 years	40%		

Table 4 shows the importance level of the 20 aforementioned factors that influence in the cyclists' route choice. The larger the average more important is the factor.

Table 4 – Importance of the factors

FACTOR	AVERAGE	FACTOR	AVERAGE
Shortest path	4,2	Number of street lanes	3,5
Volume of vehicles	4,1	Need to cross obstacles	3,5

FACTOR	AVERAGE	FACTOR	AVERAGE
Travel time	4,0	Unevenness along the curb	3,4
Conservation of the pavement	4,0	Trees (shadow)	3,3
Slope (hills and slopes)	3,9	Average speed on the road	3,3
Existence of bike paths or lanes	3,9	One way roads	3,2
Security (crime)	3,8	Permission for parking on the right side of the road	3,1
Type of pavement	3,8	Having to go through roundabouts	3,1
Lighting (in the evening)	3,6	Number of intersections with mandatory stop	3,0
Bus and truck traffic	3,6	Presence of bus stops	3,0

The following factors were identified as the four most important: shortest path, volume of vehicles, travel time and conservation of the pavement.

5. DISCUSSION

Among the four most important factors, the volume of vehicles is consistent with the results found by Segadilha & Sanches (2014). In a similar survey, also applied in the city of São Carlos-SP, the authors found that the number of trucks and buses, and the volume and speed of traffic were the most important factors for the route choice.

Still about the conclusions of the abovementioned authors, they have found that slope is considered the lesser importance factor. The results of the present survey, on the other hand, points out to the presence of bus stop points and the number of intersections with mandatory stop as the least important factors.

The outcomes of the present survey are consistent with the international scientific literature, that points out to the shortest path as the main factor in the route choice. It is important to mention that Segadilha and Sanches (2014) did not consider the shortest path as an option in their questionnaire; wich explains some discrepancy in the results.

6. FINAL CONSIDERATIONS

Although the sample of cyclists (30) it is very limited, being only preliminary results, they may be used as a first step to subsidize the planning of sustainable urban transport systems, and provide guidance to the allocation of resources in building cycling infrastructure.

Even though the brazilian reality can be different in some elements, it is important to use this results in consonance with that was found in the literature review, since some aspects are equivalent.

Finally, the definition of what constitutes a preferential environment for cyclists is emphasized, as it can help the urban planners to preserve, restore or create environments that attract more users to this sustainable mode of transport, making it viable for the daily trips.

REFERENCES

- Abraham, J. E. et al. 2002. Investigation of cycling sensitives. In *Transportation Research Board Annual Conference*, 12p. January 2002. Washington, D.C.
- Aultman-Hall, L.; Hall, F. L.; Baetz, B. B. 2007. Analysis of Bicycle Commuter Routes Using Geographic Information Systems: Implications for Bicycle Planning. *Transportation Research Record* 1578: 102-110.
- Beheshtitabar, E. et al. 2014. Route choice modelling for bicycle trips. *International Journal for Traffic & Transport Engineering* 4(2): 194 – 209.
- Bernhoft, I. M.; Carstensen, G. 2008. Preferences & behavior of pedestrians & cyclists by age & gender. *Transportation Research Part F* 11(2): 83–95.
- Broach, J.; Dill, J.; Gliebe, J. 2012. Where do cyclists ride? A route choice model developed with revealed preference GPS data. *Transportation Research Part A: Policy & Practice* 46(10): 1730 – 1740.
- Broach, J.; Gliebe, J.; Dill, J. 2011. Bicycle route choice model developed using revealed preference GPS data. In *90th Annual Meeting of the Transportation Research Board*. Washington D.C.
- Broach, J.; Gliebe, J.; Dill, J. 2009. Development of a Multi-Class Bicyclist Route Choice Model Using Revealed Preference Data. In *12th International Conference on Travel Behavior Research*, 32 p.
- Casello, J. M.; Rewa, K. C.; Nour, A. 2012. An Analysis of Empirical Evidence of Cyclists' Route Choice & their Implications for Planning. In *TRB 2012 Annual Meeting*.
- Caulfield, B.; Brick, E.; McCarthy, O. T. 2012. Determining bicycle infrastructure preferences – A case study of Dublin. *Transportation Research Part D* 17(5): 413–417.
- Dickinson, J. E. et al. 2003. Employer travel plans, cycling & gender: will travel plan measures improve the outlook for cycling to work in the UK?. *Transportation Research Part D* 8(1):53–67.
- Dill, J. 2009. Bicycling for Transportation & Health: The Role of Infrastructure. *Journal of Public Health Policy* 30: 95–110.
- Dill, J.; Gliebe, J. 2008. *Understanding & Measuring Bicycle Behavior: A Focus on Travel Time & Route Choice*. Oregon Transportation Research & Education Consortium, Portland-OR.
- El-Geneidy, A.; Krizek, K.; Iacono, M. 2007. Predicting bicycle travel speeds along different facilities using GPS data: a proof of concept model. In *TRB 2007 Annual Meeting*.
- Emond, C.; Handy, S. 2012. Factors associated with bicycling to high school: insights from Davis, CA. *Journal of Transport Geography* 20(1): 71-79.
- Fajans, J.; Curry, M. 2001. Why bicyclists hate stop signs. *Access* 18: 21-22.
- Harvey, F.; Krizek, K. J.; Collins, R. 2008. Using GPS Data to Assess Bicycle Commuter Route Choice. In *87th Annual Meeting of Transportation Research Board*.
- Heinen, E.; Maat, K.; Wee, B. 2011. The role of attitudes toward characteristics of bicycle commuting on the choice to cycle to work over various distances. *Transportation Research. Part D* 16(2): 102-109.
- Hood, J.; Sall, E.; Charlton, B. 2011. A GPS-based bicycle route choice model for San Francisco, California. *Transportation Letters: The International Journal of Transportation Research* 3: 63-75.
- Hunt, J. D.; Abraham, J. E. 2007. Influences on bicycle use. *Transportation* 34: 453–470.
- Hyodo, T.; Suzuki, N.; Takahashi, K. 2000. Modeling of Bicycle Route and Destination Choice Behavior for Bicycle Road Network Plan. In *Transportation Research Record 1705*, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 70-76.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 2016. *Cidades. São Paulo. São Carlos*. Available on: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=354890&search=sao-paulo|sao-carlos>>. Access in: may 2016.
- Kang, L.; Fricker, J. D. 2013. Bicyclist commuters' choice of on-street versus off-street route segments. *Transportation* 40(5): 887–902.
- Koh, P. P.; Wong, Y. D. 2013. Influence of infrastructural compatibility factors on walking & cycling route choices. *Journal of Environmental Psychology* 36: 202-213.
- Krenn, P.; Oja, P.; Titze, S. 2014. Route choices of transport bicyclists: a comparison of actually used & shortest routes. *International Journal of Behavioral Nutrition & Physical Activity* 11(1).
- Krizek, K.; El-Geneidy, A.; Thompson, K. 2007. A detailed analysis of how an urban trail system affects the travel of cyclists. *Transportation* 34(5): 611-624.
- Krizek, K. J. 2006. Two approaches to valuing some of bicycle facilities' presumed benefits. *Journal of the American Planning Association* 72(3).
- Krizek, K. J.; Johnson, P. J.; Tilahun, N. 2004. Gender differences in Bicycling Behavior & Facility Preferences. In *Conference on Research on Women's Issues in Transportation*, Chicago-Illinois, EUA.

- Larsen, J.; El-Geneidy, A. 2011. A Travel Behavior Analysis of Urban Cycling Facilities in Montreal Canada. *Transportation Research Part D* 16(2): 172-177.
- Lee, B. H. Y.; Jennings, L.; El-Geneidy, A. M. 2011. How does land use influence cyclist route choice? A geospatial analysis of commuter routes and cycling facilities. In *Transportation Research Board 90th Annual Meeting*, Washington DC.
- Li, Z. et al. 2012. Physical environments influencing bicyclists' perception of comfort on separated & on-street bicycle facilities. *Transportation Research Part D* 17(3): 256-261.
- Menghini G. et al. 2010. Route choice of cyclists in Zurich. *Transportation Research Part A* 44(9): 754-765.
- Moudon, A. V. et al. 2005. Cycling & the built environment, a US perspective. *Transportation Research Part D* 10(3): 245-261.
- Papinski, D.; Scott, D. M.; Doherty, S. T. 2009. Exploring the route choice decision-making process: A comparison of planned and observed routes obtained using person-based GPS. *Transportation Research Part F* 12: 347-358.
- Rondinella, G.; Fernández-Heredia, Á.; Monzón, A. 2012. Analysis of perceptions of utilitarian cycling by level of user experience. *Transportation Research Board (TRB)*.
- Segadilha, A. B. P.; Sanches S. P. 2014. Fatores que influenciam na escolha das rotas pelos ciclistas. *Revista dos Transportes Públicos* 36(1): 43-56.
- Sener, I. N.; Eluru, N.; Bhat, C. R. 2009. An analysis of bicycle route choice preferences in Texas, US. *Transportation* 36(5): 511-539.
- Sener, I. N.; Eluru, N.; Bhat, C. R. 2008. *An analysis of bicycle route choice preferences using a web-based survey to examine bicycle facilities*. Report to Department of Civil, Architectural and Environmental Engineering. The University of Texas at Austin.
- Shankwiler, K. 2006. *Developing a framework for behavior assessment of bicycling commuters: a cyclist-centric approach*. School of Industrial Design, Georgia Institute of Technology.
- Stinson, M. A.; Bhat, C. R. 2005. A Comparison of the Route Preferences of Experienced & Inexperienced Bicycle Commuters. In *84th Annual Meeting of Transportation Research Board, Transportation from the Customer's Perspective*.
- Stinson, M. A.; Bhat, C. R. 2003. An Analysis of Commuter Bicyclist Route Choice Using a Stated Preference Survey. *Transportation Research Board*. National Research Council, Washington, D.C.
- Stinson M.; Bhat, C. R. 2004. Frequency of bicycle commuting: internet-based survey analysis. *Transportation Research Record* 1878: 122-130.
- Tilahun, N.; Levinson, D. M.; Krizek, K. J. 2007. Trails, lanes, or traffic: Valuing bicycle facilities with an adaptive stated preference survey. *Transportation Research Part A* 41: 287-301.
- Winters, M. et al. 2010. How far out of the way will we travel? Built environment influences on route selection for bicycle & car travel. In *TRB 2010 Annual Meeting*.
- Yang, C.; Mesbah, M. 2013. Route Choice Behaviour of Cyclists by Stated Preference & Revealed Preference. In *Australasian Transport Research Forum 2013 Proceedings*, Brisbane, Austrália.
- Zhao, P. 2014. The Impact of the Built Environment on Bicycle Commuting: Evidence from Beijing. *Urban Studies* 51(5): 1019-1037.



The construction of Walkability Index in Cambé City - Paraná - Brazil

Monica Cristina Nishikawa Motomura

State University of Londrina, Architecture and Urban Planning Department, Londrina (PR), Brazil
monicamotomura@gmail.com

Larissa Casaril da Fontoura

State University of Londrina, Architecture and Urban Planning Department, Londrina (PR), Brazil
larissadafontoura@gmail.com

Milena Kanashiro

State University of Londrina, Architecture and Urban Planning Department, Londrina (PR), Brazil
milena@uel.br

ABSTRACT: Considering the increase of health problems related to inactivity and non-communicable diseases, such as heart diseases and obesity, many researches carry out the correlation between the built environment and physical activity. These issues relate health with urban planning studies. Walking occurs in daily activities and can be considered as a viable alternative to reduce health problems and to promote physical activity. To analyze and measure walkability it is possible to apply the Walkability Index, which was created by Frank et al. (2010a) and it systematizes four built environment variables: net residential density, retail floor area ratio, intersection density and land use mix. This article aims to describe the construction of the Walkability Index in Cambé - Paraná State - Brazil. The Walkability Index map revealed which census wards are more walkable in Cambé and showed that the instrument can be applied in different contexts. The contribution of this study refers to the development of strategies to insert walkability in the urban planning discussions and point out issues to make our cities healthier and more sustainable.

Keywords *Health; built environment; walkability; walkability index.*

1. INTRODUCTION

Chronic noncommunicable diseases (NCD) represent a threat to health and human development in a global context and it is the main aggravation in health disorders in Brazil (Schmidt et al., 2011). These diseases constitute a serious problem in relation to public health in rich and poor countries (Malta et al., 2009). According to the World Health Organization (WHO), cardiovascular diseases, cancers, chronic respiratory diseases and diabetes are considered the main types of noncommunicable diseases. Ageing and obesity are also related to NCD and those diseases are related to behavioural issues included in people's lifestyle (Loch, 2013).

Physical inactivity is a global problem (Brownson et al., 2009) and may also increase rates of NCDs (WHO, 2003). It is still not fully understood what could be done to increase physical activity levels (Ellis et al., 2015), but there is a growing comprehension that the built environment can influence positively the physical activity frequency (Ding; Gebel, 2012; Sallis; Bauman; Pratt, 1998; Humpel et al., 2002; Sallis et al., 2012). Walkability can be a strategy to advance physical activity (Frank et al., 2012) in the built environment context or even be part of residents' daily life (Gehl, 2013). Walkable environments can provide individuals with an active lifestyle and prevent diseases such as obesity, diabetes, cardiovascular disease and types of cancer (Eyre et al., 2004).

The built environment is an important factor which can be modified to support and influence health (Frank et al., 2012; Fitzpatrick; Lagory, 2000; Handy et al., 2002). Several authors (Brownson et al., 2009; Leslie et al., 2005; Lovasi et al., 2008; Saelens; Sallis; Frank, 2003; Saelens et al., 2003; Southworth, 2005; Wood; Frank; Giles-Corti, 2010; Speck, 2012; Frank et al., 2012) relate characteristics of the built environment with their influences on walking. There is a growing interest in combining spatial objective attributes to create a composite index for application in empirical studies (Cervero; Kockelman, 1997; Lovasi et al. 2008; Frank et al., 2010b; Hino et al., 2012; Hino et al., 2013). There is a demand to understand how particular attributes of the built environment can affect human behaviour involving physical activity, but many questionings persist about how the interrelationship between them develop (Handy et al., 2002; Saelens; Sallis; Frank, 2003).

The aim of this paper is to describe the construction of the Walkability Index in Cambé - Paraná State, Brazil and to develop a spatial pattern for walkability based on the Walkability Index organized by Frank et al. (2010a). The construction of the Walkability Index in a Brazilian medium-size city contributes to understand how the built environment can influence walkability according to the analysis of objective variables and can subsidize the development of strategies to insert walkability in the urban planning issues and highlight discussions to make cities healthier and more sustainable.

The index was calculated for Cambé, whose area is 494,692 km² and has an estimated population of 103.822 in 2015 (IBGE, 2015). Cambé, although located in Londrina's Metropolitan Area, is a country town.

Therefore, this research presents distinct findings also in comparison with the majority of walkability indexes applied in metropolitan regions or neighbourhoods in cities of developed countries such as Australia (Mayne et al., 2013) or the United States (Frank et al.,

2010a). This study also differs from others in larger cities in Latin America such as in Bogotá - Colombia (Cervero et al., 2009) or in Curitiba - Brazil (Reis et al., 2013).

2. METHODS

2.1 Index construction

The Walkability Index of Cambé was based on the index created by Frank et al. (2010a) in relation to the NQLS study and it is associated with measurements of active transportation and physical activity. The built environment can influence transportation mode choices and studies involving characteristics of community design have gained attention (Frank et al., 2010a).

The main purpose of the Walkability Index is to build up a method to analyse the built environment in order to enhance the relevance of researches about built environment and physical activity, which in a broader concern, is part of the discussion regarding health (Frank et al., 2010a).

The geographical scale was considered for the index to create a “walkability surface” in each census ward group level and the characteristics to be analysed involve net residential density, retail floor area ratio, intersection density and land use mix (Table 1).

Table 1. Variables of the Walkability Index (Frank et al., 2010a)

Variable	Description
Net residential density	The ratio of residential units to the land area established for residential use per census ward
Retail floor area ratio	The retail building floor area footprint divided by the retail land floor area footprint. This measurement indicates the relation of the area reserved for parking
Intersection density	Related to the connectivity of the street network. It is calculated by the ratio of the number of true intersections (three or more legs) to the land area of the census ward group
Land use mix	Related to the diversity of the land use types in a block group classified by: residential, retail (excluding “big boxes”), entertainment (including restaurants), office and institutional (including schools and community institutions). Values vary between 0 (single use) and 1 (completely even distribution of floor area across the five uses)

For the Walkability Index in Cambé, firstly a map of the census wards was organized according to the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE), which is the basis for setting up the index.

This study is part of an extended research, which defined census wards as samples, including only 84 census wards in Cambé (excluding 29 and 62) that were considered for the index (Figure 1).

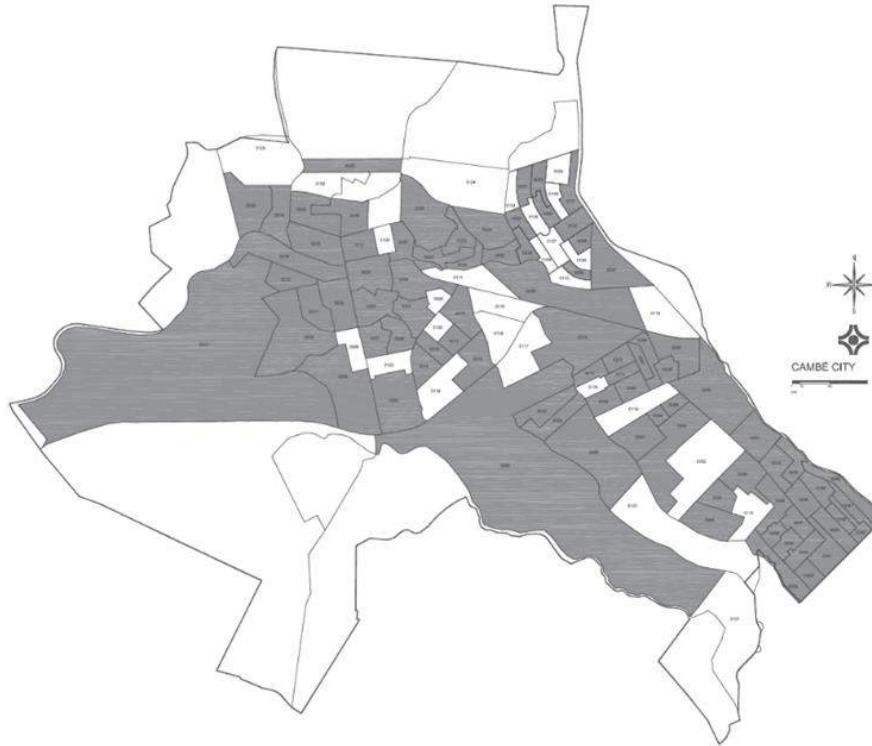


Figure 1. Census wards selected for the index. Source: Cambé City Hall, 2015; IBGE, 2015; Created by Motomura, 2015

Table 2. Criteria adopted for each variable of the Walkability Index

Variable	Criteria for the construction of the Walkability Index
Net residential density	Number of residences divided by the area of the census ward (acres). Google Street View was adopted to determine the residential use
Retail floor area ratio	In order to set the proportion in all the commercial areas or allotments, the built area and the determinant commercial use area were calculated. Google Street View was adopted to determine the commercial use
Intersection density	The types of intersections were collected in a digital map and those with 3 or more legs were selected. Intersections between two census wards were included in both. The number of intersections was divided by the area of the census ward (acres)
Land use mix	The land use of Cambé was divided into 5 categories: residential, commercial, entertainment (including restaurants, bar, cafeterias, gym, leisure, country houses), service (including offices, clinics, small industries and factories) institutional (including all city hall facilities, schools, institutions) and industry (big industries). Only the street level (ground floor) was considered because this level is associated with walking (Sung et al., 2015). Google Street View was adopted to determine all the land uses

In Brazilian cities, there are a significant number of mixed allotments, which is characterized by residential use with another one. With the purpose of constructing the Walkability Index, a spatial distribution of the mixed allotments was made (Figure 2). For

the division of mixed allotments in order to calculate the ratio floor area and land uses both satellite images from Google Earth and Google Street View were used.



Figure 2. Distribution of mixed allotments. Source: Cambé City Hall, 2015; Goggle Street View; Created by Motomura, 2016

According to the criteria, the variables of the index were calculated, and for the land use mix the entropy formula was used:

$$-\sum k \left(\frac{pk \times \ln pk}{\ln N} \right)$$

where k = categories of land use; p = proportion of the land use area within the census ward area; and ln = log. (Duncan et al., 2010)

All variables of the index were normalized by the “z score”. The Walkability Index was calculated by the formula (Frank et al., 2010a):

$$\text{Walkability} = [(2 \times \text{z-score intersection density}) + (\text{z-score net residential density}) + (\text{z-score retail floor area ratio}) + (\text{z-score land use mix})]$$

3. RESULTS

For the construction of the index, each land use was mapped to calculate their footprint. The calculation of the index was added to Excel 2013 with the association of all variables in the formula to calculate the final walkability index for each census ward based on the “z score” of each variable: intersection density, net residential density, land use mix, retail floor area ratio (Table 3).

Table 3. Calculation of Walkability Index

Census Ward	Intersection density		Net residencial density		Retail floor area ratio		Land use mix		Walkability index
	Raw score	z Score	Raw score	z Score	Raw score	z Score	Raw score	z Score	
1	0,436	-0,020	10,441	-1,053	0,680	-0,004	0,355	-0,077	-1,170
2	0,454	0,072	15,827	0,085	1,020	1,168	0,533	1,371	2,770
3	0,362	-0,384	13,687	-0,367	0,840	0,565	0,570	1,673	1,100
4	0,842	1,980	11,847	-0,756	0,700	0,070	0,455	0,740	4,010
5	0,571	0,643	12,759	-0,563	0,840	0,565	0,224	-1,143	0,150

It was observed that Cambé presents from medium to high intersection density in well-established areas with the exception of the industrial districts; the predominance of residential use; four axes of commercial uses and a range of districts with mixed land use.

Using the ArcGIS 10.3.1 free version, the map of the Walkability Index was constructed and was separated in five groups: High, Medium, Low and in-between (Figure 3).

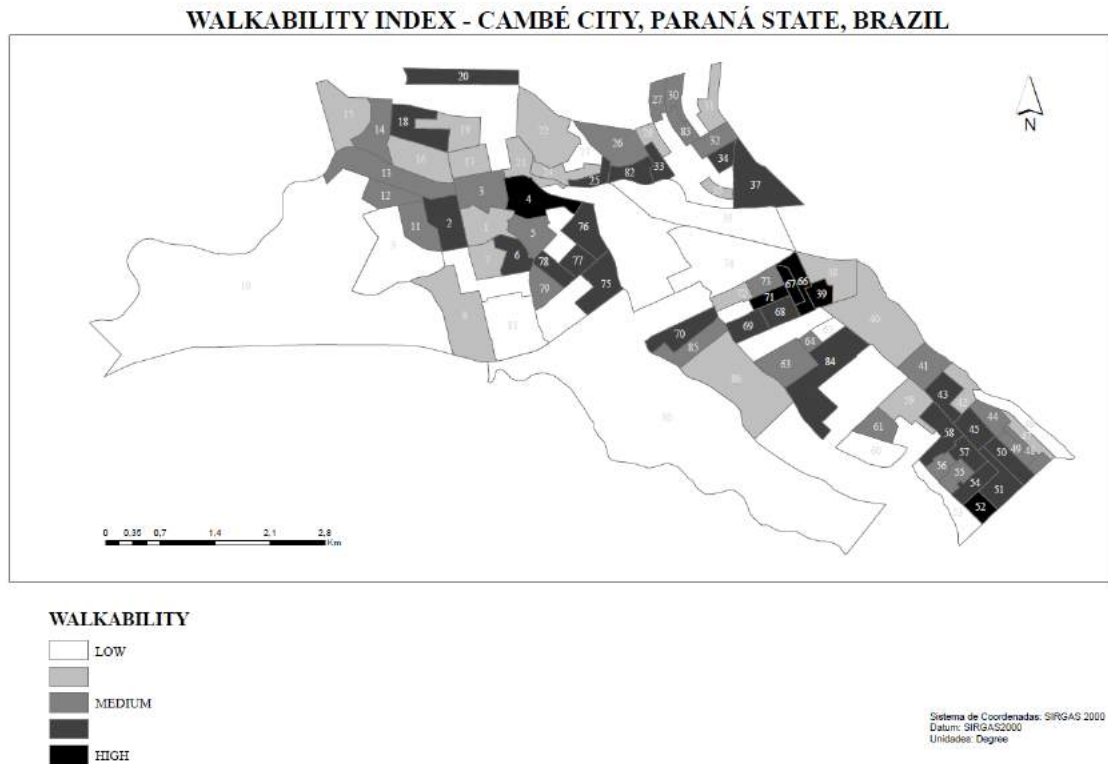


Figure 3. Walkability Index map. Source: IBGE, 2015; Created by Motomura, 2016

4. DISCUSSION

The map of Walkability Index (Figure 3) pointed census wards 4, 39, 66, 67, 71 and 52 as the most walkable in Cambé. These census wards define three groups with high walkability. They are situated in distinct areas far from each other: downtown and in the outskirts.

This evidence seems to be related to the mixed land use, which demonstrates that the highest walkable blocks are located near commercial and service concentration areas. These areas provide destinations that are within walking distance instead of the need to use other means of transportation.

Furthermore, these census wards present a higher number of net residential density in comparison to those with high commercial concentration, which infers that a higher number of residents can provide more pedestrian activity. Furthermore, the same census wards presented higher intersection density, suggesting a positive relation between connectivity and physical activity, suggesting that highly integrated street segments are easily accessible and are considered to have higher pedestrian activities Koohsari et al. (2014)

Recently, walkability indexes have been applied in cities in developed countries or in larger cities in Latin America, where an advanced database is settled considering their urban

planning development. For this research, strategies for the creation of a Walkability Index database were necessary: in most cases in Brazil, land uses are organized into mixed allotments, so it was necessary to determine those mixed allotments and divide them by land uses; although images from Google Earth and Google Street View do not provide a fine resolution or are not updated, it was required to adapt these instruments for the research purpose. Notwithstanding, these strategies seem to be an alternative to create the Walkability Index in small and medium-size cities.

5. CONCLUSION

This research presents the construction process of the Walkability Index in Cambé. The result and pattern of this achievement is the basis for further correlational analysis concerning evidences of the built environment as a support to improve physical activity as well as to contribute to the understanding with socioeconomical issues.

Therefore, the index synthesizes only four main variables considering the built environment and walkability urban features: intersection density, net residential density, mixed land use and retail floor area ratio. In addition, considering that it was possible to apply the Walkability Index in Cambé, even with no previous database, it is suggested that this instrument can be adapted to distinct cities.

The findings of this study may ensure public policies in order to propose guidelines to insert walkability in the urban planning process, even though there is still a disparity between academic research application and practical procedures. Moreover, it contributes to a better understanding on the influence of the built environment on healthier behaviors, which are issues related to sustainable urban planning.

REFERENCES

- BROWNSON, R. C. et al. 2009. Measuring the Built Environment for Physical Activity. State of the Science. *American Journal of Preventive Medicine* v. 36: S99-S123.e12.
- CERVERO, R. et al. 2009. Influences of Built Environments on Walking and Cycling: Lessons from Bogotá. *International Journal of Sustainable Transportation* v. 3: 203-226.
- CERVERO, R.; KOCKELMAN, K. 1997. Travel demand and the 3ds : Density, Design And Diversity. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* v. 2: 199-219.
- DING, D.; GEBEL, K. 2012. Built environment, physical activity, and obesity: What have we learned from reviewing the literature? *Health & Place* v. 18: 100-105.
- DUNCAN, M. J. et al. 2010. Relationships of Land Use Mix with Walking for Transport: Do Land Uses and Geographical Scale Matter?. *Journal of Urban Health* v. 87: 782-794.
- ELLIS, G. et al. 2015. Connectivity and physical activity : using footpath networks to measure the walkability of built environments. *Environment and Planning B: Planning and Design* v. 42: 1-22.
- EYRE, H. et al. 2004. Preventing cancer, cardiovascular disease, and diabetes: a common agenda for the American Cancer Society, the American Diabetes Association, and the American Heart Association. *Diabetes Care* v. 27: 1812-1824.
- FITZPATRICK, K. M.; LAGORY, M. E. (Print ed.) 2000. *Unhealthy places: the ecology of risk in the urban landscape*. New York: Routledge.
- FRANK, L. D. et al. 2010a. The development of a walkability index: application to the Neighborhood Quality of Life Study. *British Journal of Sports Medicine* v. 44: 924-933.
- FRANK, L.D. et al. 2010b. Neighbourhood Design, Travel, and Health in Metro Vancouver: Using a Walkability Index - Executive Summary. *UBC*.
- FRANK, L. et al. 2012. Health and the Built Environment: A Review. *Urban Design 4 Health, Ltda*.
- GEHL, J. (2ª ed.) 2013. *Cidades para pessoas*. São Paulo: Perspectiva.

- HANDY, S. L. et al. 2002. How the built environment affects physical activity: Views from urban planning. *American Journal of Preventive Medicine* v. 23: 64–73.
- HINO et al. 2012. Projeto ESPAÇOS de Curitiba, Brazil: applicability of mixed research methods and geo-referenced information in studies about physical activity and built environments. *Revista Panamericana de Salud Pública* v. 32: 226–33.
- HINO et al. 2013. Built environment and physical activity for transportation in adults from Curitiba, Brazil. *Journal of Urban Health* v. 91: 446–462.
- HUMPEL, N. et al. 2002. Environmental factors associated with adults' participation in physical activity A review. *American Journal of Preventive Medicine* v. 22: 188–199.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) 2015. Estimativas de população para 1º de julho de 2015.
- KOOHSARI, M. J. et al. 2014. Street connectivity and walking for transport: Role of neighborhood destinations. *Preventive Medicine* v. 66: 118–122.
- LESLIE, E. et al. 2005. Residents' perceptions of walkability attributes in objectively different neighbourhoods: A pilot study. *Health and Place* v. 11: 227–236.
- LOCH, M. R. 2013. Associação entre capital social e comportamentos relacionados à saúde: estudo de base populacional. *Doctoral thesis - UEL*.
- LOVASI, G. S. et al. 2008. Using built environment characteristics to predict walking for exercise. *International Journal of Health Geographics* v. 7: 1–13.
- MALTA, D. C. et al. 2009. Doenças crônicas não transmissíveis: mortalidade e fatores de risco no Brasil, 1990 a 2006. *Saúde Brasil 2008: 20 anos de Sistema Único de Saúde (SUS) no Brasil – Ministério da Saúde*.
- MAYNE, D. J. et al. 2013. An objective index of walkability for research and planning in the Sydney Metropolitan Region of New South Wales, Australia: an ecological study. *International Journal of Health Geographics* v. 12: 1–10.
- REIS, R. S. et al. 2013. Walkability and Physical Activity Findings from Curitiba, Brazil. *American Journal of Preventive Medicine* v. 45: 269–275.
- SAELEN, B. E.; SALLIS, J. F.; FRANK, L. D. 2003. Environmental correlates of walking and cycling: findings from the transportation, urban design, and planning literatures. *Society of Behavioral Medicine* v. 25: 80–91.
- SAELEN, B. E. et al. 2003. Neighborhood-Based Differences in Physical Activity: An Environmental Scale Evaluation. *Research and Practice* v. 93:1552–1558.
- SALLIS, J. F.; BAUMAN, A; PRATT, M. 1998. Environmental and policy interventions to promote physical activity. *American Journal of Preventive Medicine* v. 15:379–397.
- SALLIS, J. F. et al. 2012. Role of Built Environments in Physical Activity, Obesity, and Cardiovascular Disease. *Circulation* v. 125: 729-737.
- SCHMIDT, M. I. et al. 2011. Chronic non-communicable diseases in Brazil: Burden and current challenges. *The Lancet* v. 377: 1949–1961.
- SOUTHWORTH, M. 2005. Designing the Walkable City. *Journal of Urban Planning and Development* v. 131: 246–257.
- SPECK, J. 2012. *Walkable city: how downtown can save America, one step at a time*. New York: Farrar, Straus and Giroux.
- SUNG, H. et al. 2015. Effects of street-level physical environment and zoning on walking activity in Seoul, Korea. *Land Use Policy* v. 49: 152–160.
- WOOD, L.; FRANK, L. D.; GILES-CORTI, B. 2010. Sense of community and its relationship with walking and neighborhood design. *Social Science and Medicine* v. 70: 1381–1390.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO) 2003. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. *WHO Technical Report Series* n. 916.



The role of the government in the implementation of accessibility on sidewalks

Amabeli Dell Santo

Federal Institut of Espírito Santo, Coordination of Architecture and Urbanism, Colatina (ES), Brazil
amabeli.dellsanto@ifes.edu.br

Marília Oliveira Soares

Federal Institut of Espírito Santo, Coordination of Architecture and Urbanism, Colatina (ES), Brazil
oliveira-marilia@hotmail.com

Mateus Bernardo Scussulim Saloto

Federal Institut of Espírito Santo, Coordination of Architecture and Urbanism, Colatina (ES), Brazil
mateusscussulim@hotmail.com

ABSTRACT: Sidewalks are public properties destined for people's movement, ensuring their rights. Researchers have demonstrated the precarious situation of sidewalks in Brazilian cities, noting that the existence of rules and laws regarding sidewalks does not guarantee the physical and environmental quality of this area. Municipal laws usually attribute the execution and maintenance of the sidewalks to the owners of adjacent properties to them. We discuss this aspect, therefore, seen as a public space, sidewalks constitute an allocation of public authorities. It is the Municipal duty to grant execution licenses of sidewalks and supervise the execution of works, and, in still run them in areas and public buildings. Many municipalities have provided standard project aimed sidewalks suitability to accessibility standard. Aiming to verify the adherence to affordable pavement pattern, and investigate the perception of public power, as to its role as a transforming element of this space, this survey in Colatina-ES, included a technical survey of the sidewalks of the central area of the city, quantifying the linear length of sidewalks that follow the pattern, pointing stretches over the government. Questionnaires were applied to municipal civil servants in order to apprehend the perception of the role of government in implementing this space. It was found that the assignment of responsibility to the citizens execution resulted of the discontinuation of application of the proposed model. It is expected to expand knowledge in the area, allowing the pointing potential and obstacles resulting from the production process of this public space.

Keywords *sidewalks, public authorities, responsibility, accessibility*

1. INTRODUCTION

The sidewalks are public goods for the movement of people that must ensure the right to come and go. Researchers have demonstrated the precarious situation of sidewalks in Brazilian cities, noting that the existence of rules and laws regarding sidewalks does not guarantee the physical and environmental quality of this area (Pires 2008, Fiorelli et al. 2015, Lunaro & Ferreira 2009). It is emphasized that this aspect has not received due to the attention of public officials (Rostworowski & Magagnin 2012).

In Colatina-ES Law no. 5,256, of December 14, 2006 (Espírito Santo, 2006) regulates the sidewalks of this city, linking to NBR 9050 (2015), a standard that deals with the universal accessibility. This regulation was popularly referred to as citizen sidewalk.

The law proposes the division of sidewalks in different bands, called:

- Free range - intended for movement of people, free of any obstacles;
- Service range - adjacent to the curb should be used for installation of equipment, public spaces fixtures, lamppost, vegetation, etc.;
- Directional range - used to indicate ramps, crosswalks, and also in large places such as squares, promenades indicating preferred way of visually impaired people.

The widths of these bands fit the width of the existing pavement, or approved the allotment, and these differ in the use of materials that must have visual and textural contrast, being indicated for the service range tactile floor alert, and directional range directional tactile floor.

The implementation and maintenance of sidewalks in the city of Colatina, are the responsibility of the owners of adjacent properties to the same (Espírito Santo, 1996), the locator (in allotments approved by the municipality) and the Municipality on your own domain (Espírito Santo, 2006). It is also a Municipality duty a grant that permits execution sidewalks projects and oversee the implementation and maintenance of them.

Another aspect established by law was the deadlines for the regulation of existing sidewalks, 04 years for the government and 08 years for private driveways. As from the date of its creation in 2006, it's been 10 years, but the predominance of sidewalks in Colatina out of this pattern is remarkable as well as several other issues affecting urban mobility.

Viziole & Perez (2004) investigated the conditions of accessibility under the technical and behavioral aspects, involving psychological, needs, attitudes, goals and human perceptions. One of the solutions listed for the solution of the problems encountered was the change of responsibility for the implementation of the sidewalks, going to the city, not the homeowners.

On the responsibility of running, Silva (2008) points out that the restructuring of sidewalks, as every public space is an essential assignment of the government. Bezerra (2012) agrees and points out as unconstitutional the Municipal Laws that attach to individual owners of urban real estate the obligation of execution, maintenance and adaptation of sidewalks. And it points out that the allocation of these obligations to the citizens also entails consequences as the lack of standardization of this part of the road,

and prevents the full accessibility in cities, preventing the exercise of individual freedom of movement of people with disabilities or with limited mobility.

Santos (1988) explains that when discussing the sidewalk as "scenario" where happen urban scenes of a city and its "actors" it can begin to understand the conflicts in this space, and points out the causes of the problems, the lack of control in the planning of urban spaces and rampant permissiveness of particular actions on the collective use.

In this respect Del Rio (1990) points out that there are difficulties in implementing standards and projects that seek physical and environmental quality of cities, and highlights the government, the business community and the population (user space) as main agents of change in the urban.

Considering the above, and the precariousness of sidewalks in the city said, and understanding the sidewalk as part of the resulting urban landscape of the interaction between social agents, among which stands out the government, this research aims to verify the adherence to affordable pavement pattern stipulated by Law no. 5,256, and investigate the perception of the government, in the figure of the technical and municipal officials, as to its role as a transforming element of this space.

2. METHODOLOGY

This research covered a site survey of the sidewalks of the central area of the city of Colatina-ES, to portray more accurately the situation of sidewalks. It was also applied questionnaires to municipal civil servants intending to apprehend the perception of the role of government in implementing this space.

2.1 Local Survey

Colatina-ES is a relatively small city with 111.788 inhabitants, and it is characterized by having a central region with a predominance of services widely used by local people, for this reason this central area was defined for this study.

It was made a graphic and photographic mapping of the area, recording their physical-space situation. The data collection included:

- Sidewalk stretches with presence of standard construction materials adopted by the legislation - identified as an attempt to run within the law;
- Stretches which did not have the materials stipulated by the standard;
- Stretches without sidewalks;
- Identification of the sections in charge of public power (squares, sidewalks, schools, bus terminal stations, etc.) and private;

It was used the ArcGIS 10.1 software for production of the general statement with the collected data. The use of this software facilitated the sum of the perimeters of the cobbled sections in each aspect raised up in linear meters, used to calculate the percentage of sidewalks that followed or not the standard citizen sidewalk differentiating public and private enforcement of responsibility.

2.2 Perception Survey

The sidewalks should ensure the displacement of people regardless of their physical or sensory conditions, limitation of perception or mobility with autonomy and safety (Dias et al. 2012).

Several research related to perception regarding the accessibility of sidewalks used as indicators comfort aspects, safety and environment (Rostworowski & Magagnin 2012, Smith 2008, Lunaro & Ferreira 2009, Keppe Junior & Ferreira 2008).

These aspects were considered by this study to draw up a questionnaire which involved the above aspects as anthropodynamic comfort, safety when walking, environmental quality and also added an item concerning the responsibility for the production of this space.

The issues facing the anthropodynamic comfort, considered the existence of obstacles that could hinder the flow to move. The safety aspect addressed issues facing the risks of accidents that users are exposed to carry over the sidewalks. It investigated how environmental conditions are perceived by users, and finally questioned the responsibility of conservation and implementation of sidewalks seeking the understanding of this perception.

The questionnaire was administered to 17 employees of the City of Colatina-ES, from the Municipal Secretary of Urban Development, working in the analysis of architectural and urban projects, and therefore in the analysis of the projects of the sidewalks, and the tax works, responsible for monitoring the implementation of sidewalks as approved project.

The questionnaire has 17 questions, 2 open and 15 closed, with response options "yes", "no" and "do not know". Tabulation of data and graphing to express the results was performed with the help of Microsoft Excel software.

3. RESULTS

3.1 Site survey result

The survey results of the study area (Figs 1-2) indicate that most central area of the sidewalk is not built according to the standard citizen sidewalk established by the Municipality.

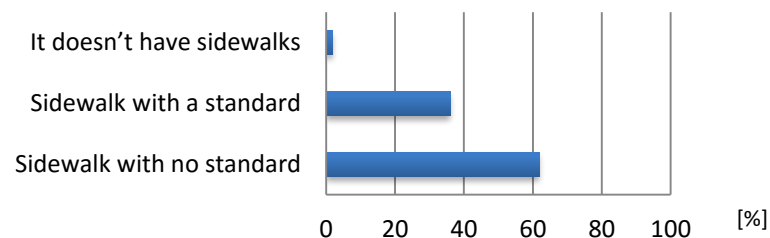


Figure 1: Indicative of the lack of adherence to standard citizen sidewalk in the study area.

It was found that in the central area, only 36% of sidewalks have materials in accordance with the standards established in municipal law, and most of the perimeter sidewalks,

64%, does not follow the standard set, and 2% did not present sidewalk and pedestrians have to walk in the street.

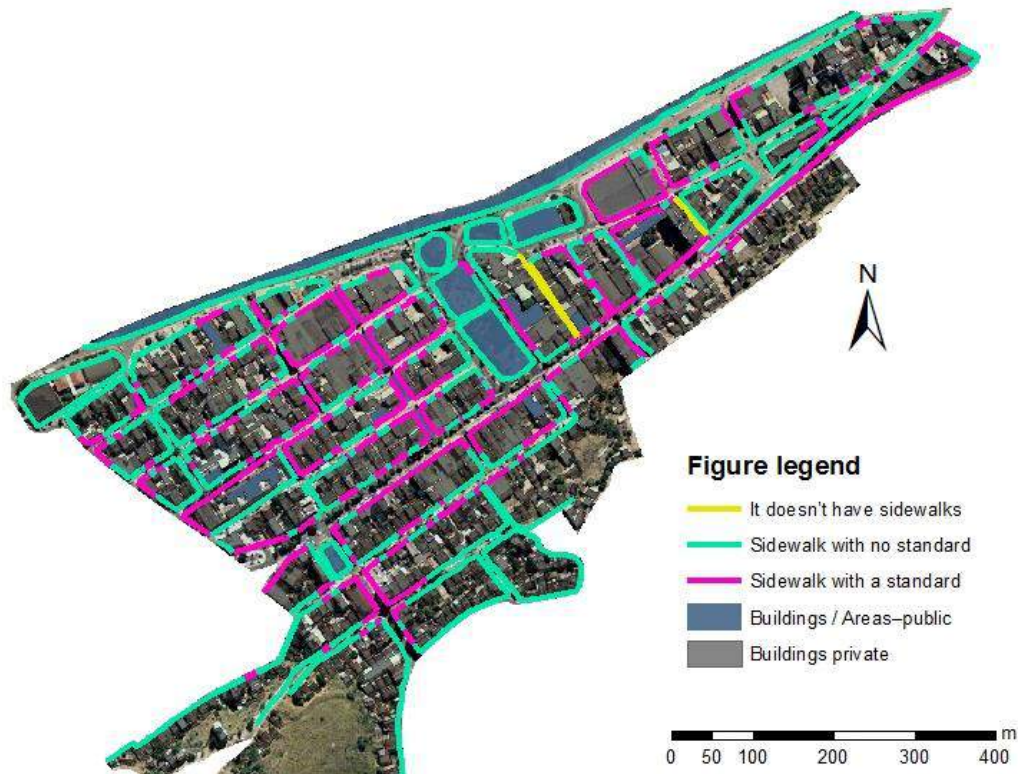


Figure 2: Map of the sidewalks of the central area of Colatina - ES.

In the passage where it was noted the absence of pavement, shown in Figure 3, the area under study is an old area of the city, fairly consolidated, and that the width of the road, very narrow, influenced this spatial configuration.



Figure 3: Streets with no sidewalk.

Regarding the responsibility of implementation, most of the sidewalks, 81% is up to the owners of adjacent properties to the same, and only 19% of the investigated area sidewalks are public, with promenades, squares and sidewalks adjacent to public buildings.

Figure 4 shows a comparison between the sidewalks of the implementation of public and private power and responsibility reveals that the percentage of compliance with the

standard of public power is still less than private. Promenades, squares and bus stations: the lack of compliance with the standard in public areas as it was recorded.

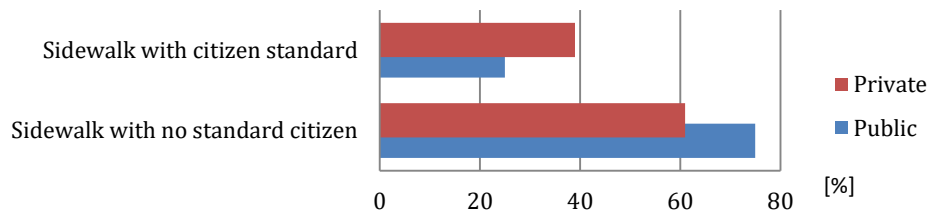


Figure 4: Quantitative public x private enforcement of responsibility for sidewalks.

Most driveways are adjacent to private property, having several owners on the street, so it was common to find citizen sidewalk running discontinuity featuring stretches with or without the standard alternating (Fig. 5).



Figure 5: Standard execution of discontinuance of sidewalks.

Another point that should be highlighted is in relation to pavement materials, as the law stipulates the difference of texture and visual contrast to the tracks, but leaves open several options. The free range, for example, can be cemented or coated with ceramic, so each owner can use as you wish, which makes a visual standardization.

It was noted other situations, as shown in Figure 6, where there was an attempt of standard execution, but incorrectly, demonstrating failure during project approval and / or supervision, as the ramp for access to private property cannot generate rebounds, or affect the cross slope of the sidewalk. The post should be in the service range, not in the free range. The last example shows the lack of coherence of the Municipality with the lease of municipal dumps occupying the width of the sidewalk, forcing pedestrians to walk on the street.



Figure 6: Incorrect execution of citizen sidewalk pattern and location of inadequate public spaces fixtures.

It was common the lack of ramps that should connect the crosswalks to sidewalks (Fig. 7), failure result in the design, implementation and supervision. The last picture shows a town square without access ramp for pedestrians.



Figure 7: Lack of ramps to access sidewalks together with the pedestrian crossing.

Another aspect highlighted in several parts of the area studied was relative to the topography of the city that made it difficult to standard deployment (Fig. 8).



Figure 8: Part of the sidewalks with steps due to the topography of the city.

3.2 Results of the questionnaires

According to the results obtained from the questionnaires given to government officials, it is observed in Figure 9, the aspect " Anthropodynamic Comfort ", 94% of respondents say that the useful width of the sidewalks is not enough to demand users, 100% realize abrupt unevenness when walking through the city center and 94% are uncomfortable with the sidewalks conservation status.

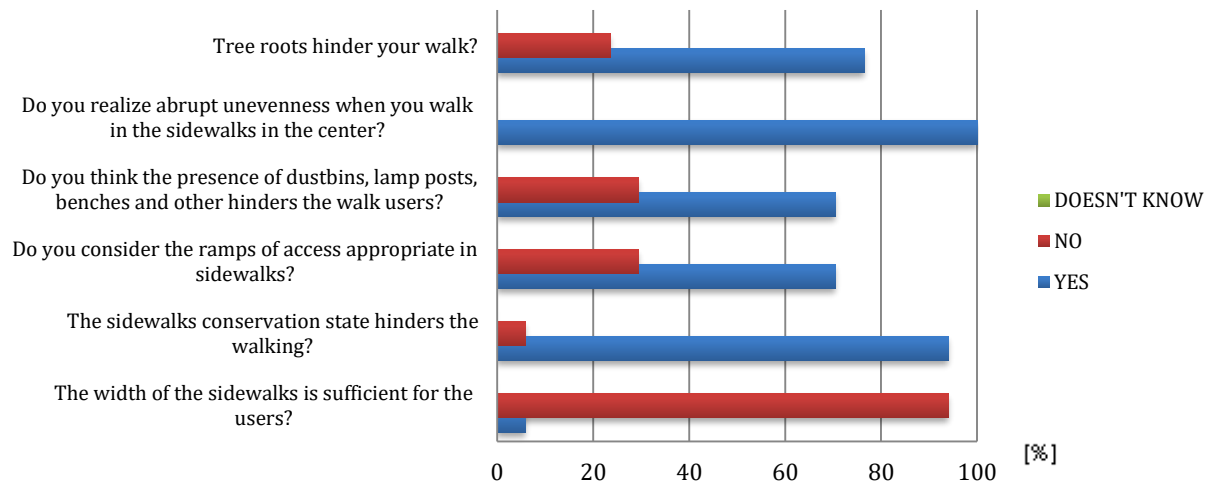


Figure 9: Perception about the anthropodynamic comfort aspect.

Expression of results on the security aspect, given in Figure 10 shows that 76% of respondents remember snippets from the central area where the lack of sidewalk affect safety while walking and 71% miss ramps connecting the crosswalks the sidewalks and point out that the points where there are these ramps, they are not in accordance with the standard.

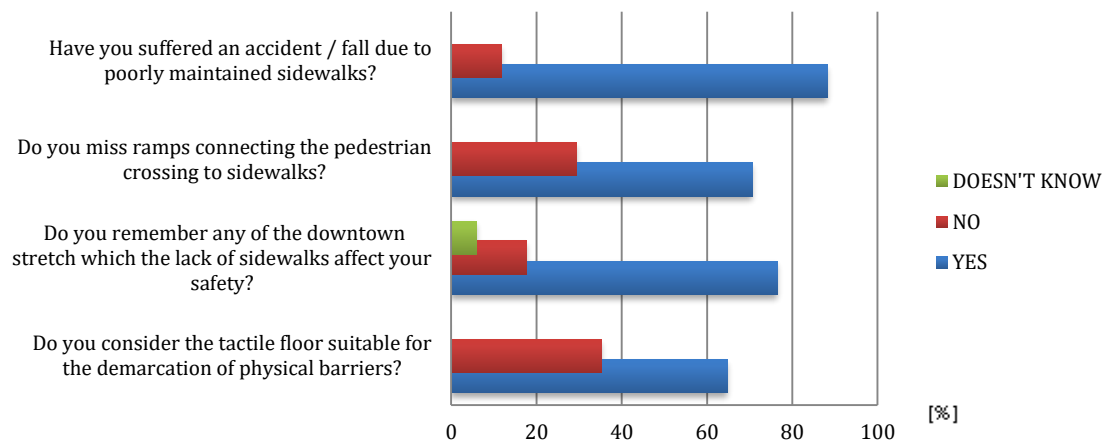


Figure 10: Perception about the safety aspect when walking.

Figure 11 shows the results about the quality of the environment where 76% of employees say they feel lack of trees for shading the sidewalks, 65% miss elements such as trash cans and benches and 59% consider the available citizen sidewalk model the municipality suited to the needs of users.

There is a coherence in results both on-site survey and in the perception survey, confirming the lack of quality in the spatial configuration of the sidewalks. It is noteworthy, however, that despite the employees of the city hall claiming able to identify the pattern of the sidewalk (94%), the survey showed that many sidewalks that have the standard stipulated by the materials do not fully meet the standard of accessibility.

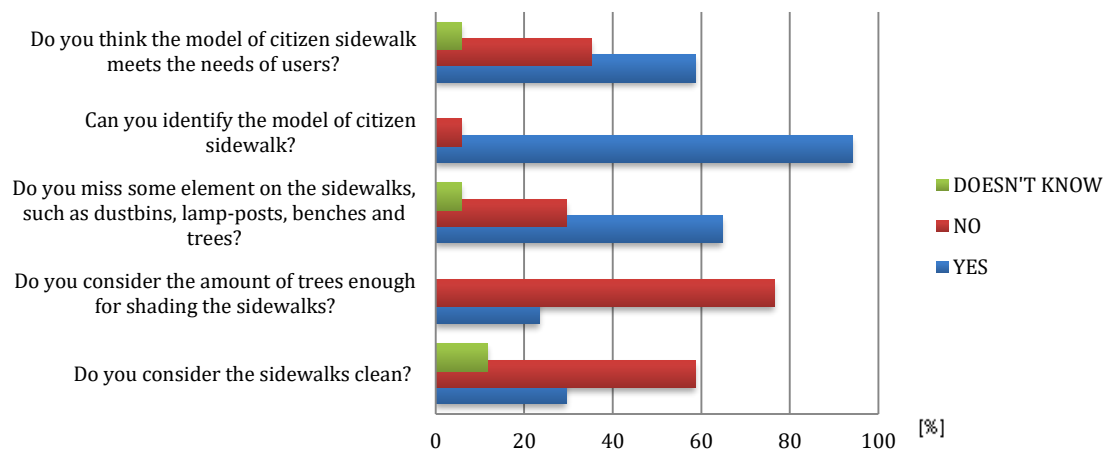


Figure 11: Perception of the environment and standard citizen sidewalk.

The city officials recognize their primary role as oversight and demand of implementation of the standard citizen sidewalk. It was also said, that the solution to achieve the standardization of this environment is that the government itself design and run the sidewalks, however, excelled in their responses, the lack of urban planning and lack of public interest, by managers, as difficulties in the full implementation of citizen sidewalk.

4. CONCLUSION

From the results of the site survey and insight research, it is confirmed that the construction of the urban space is not simply gives the existence of laws and regulations on how to place the occupation of this space. For the region studied it was found that most of the roads are not in accordance with the standards established by the Municipal Law, existing for 10 years, whose deadlines for compliance have become extinct both for the government, which would be four years, as private that would be 8 years.

We emphasize the difficulty of the correct implementation of this standard, since many sidewalks have materials citizen sidewalk, but not fully fit the standard of accessibility, it is common to find lampposts and bins in the range that should be free, disrupting circulation. Besides the absence of ramps connecting the crosswalks and ramps for access to done improperly garages.

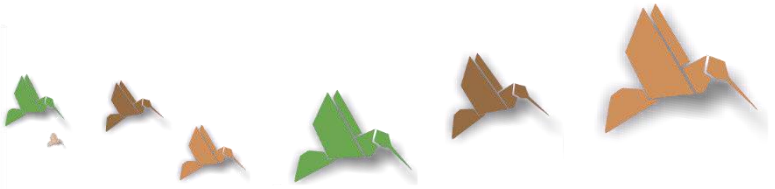
Another aspect checked against the legislation is that it only regulates the sidewalks on streets with up to 12% slope, and the city analyzed has marked topography, emphasized how difficult for standard deployment accessible both on-site survey and in the perception survey.

It was found, in general, the attribution of responsibility to implement the property owners brought the discontinuity in the application of the proposed model, with different materials and with errors of execution that pervade the design stages, surveillance and enforcement. On the other hand, the sidewalks under the government's responsibility to have lower adherence to the standard that the sidewalks are the responsibility of individuals.

In view of all the difficulties and obstacles to the implementation process of accessible sidewalks, the legislation object, a possible solution could be a public-private partnership, in which it proposes a single planning of sidewalks in the central region and the owners contribute with the materials and the city with the labor.

REFERENCES

- ABNT/NBR 9050. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Acessibilidade de pessoas portadoras de deficiência a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos, Rio de Janeiro, 2015.
- Bezerra, L. C. 2012. Calçadas urbanas: responsabilidade primária dos Municípios. *Revista Jus Navigandi*, 17 (3320).
- Del Rio, V. 1990. *Introdução ao Desenho Urbano no Processo de Planejamento*. São Paulo: Pini.
- Dias, J. C. Silva, S. M. B. Pereira, A. J. 2012. Um estudo sobre as calçadas do bairro São João em Araguaína-To. *Observatorium: Revista Eletrônica de Geografia*. 11(4): 45-61.
- Espírito Santo. 1996. *Lei nº 4.226, de 12 de fevereiro de 1996*. Dispõe sobre o Código de Obras do Município de Colatina Estado do Espírito Santo. Colatina.
- Espírito Santo. 2006. *Lei nº 5.256, de 14 de dezembro de 2006*. Dispõe a regulamentação das calçadas e passeios no município de Colatina Estado do Espírito Santo. Colatina.
- Fiorelli, M.N. Rocha, L. S. Alencar, J. L. S. Simoni, J. H. Neto, G. D. A. Angelis, B. L. D. 2015. Avaliação de acessibilidade para pedestres na Avenida Brasil quanto a percepção do usuário – Maringá/PR. *Electronic Journal of Management, Education and Environmental Technology - REGET*. 19 (3).
- Keppe Junior, C. L. G. & Ferreira, M. A. G. 2008. Formulação de um indicador de acessibilidade das calçadas e travessias. *Pós. Revista do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAUUSP*, 24 (15): 144-161.
- Lunaro, A. & Ferreira, M. 2009. Os espaços públicos e a questão da acessibilidade sob o ponto de vista dos idosos. *Ciência & Engenharia*, 15 (2): 67-72.
- Pires, T. 2008. *A cidade sem barreiras é para todos?: avaliação das condições de deslocamento no bairro da Cidade Alta, Natal/RN*. 277 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- Rostworowski, L. F. & Magagnin, R. C. 2012. Diagnóstico das calçadas em áreas centrais em cidades brasileiras de pequeno porte: estudo de caso no município de São João da Boa Vista (SP). In: *Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído*, 14, 2012, Juiz de Fora. Da concepção à desconstrução: a integração do ambiente construído. Juiz de Fora: ENTAC.
- Santos, C. N. F. 1988. *A cidade como um jogo de cartas*. São Paulo: Projeto Editores.
- Silva, N. R. R. 2008. *Avaliação do nível de serviço de calçadas em cidade de porte médio, considerando a percepção de usuários e técnicos*. 2008. 162 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) - Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Vizioli, S. H. T. & Peres, P. T. 2004. O direito de ir e vir – Acessibilidade dos espaços de circulação do centro de São Paulo. *Revista Eletrônica Ética e Cidadania*. São Paulo.



Transportation Systems and Land Use Planning: The Case of the Metropolitan Region of Rio de Janeiro

Bernardo Serra

Federal University of Rio de Janeiro, Urban Engineering Program, Polytechnic School, Laboratory of Sustainable Urban Projects, Rio de Janeiro (RJ), Brazil

bernardo.serra@poli.ufrj.br

Angela M. Gabriella Rossi

Federal University of Rio de Janeiro, Urban Engineering Program, Polytechnic School, Laboratory of Sustainable Urban Projects, Rio de Janeiro (RJ), Brazil

gabriella.rossi@poli.ufrj.br

ABSTRACT: Brazilian largest cities growth has been characterized by the expansion of the urban area combined with several vacant urban spaces and unequal infrastructure provision, resulting in socio-spatial segregation and limited access to urban opportunities. Influenced by the rapid industrialization and the modernization pressure in the second half of the twentieth century, the accelerated urban growth along with the adoption of the car as the main mobility solution generated multiple environmental and social externalities. This article aims to identify the main common challenges about the theme of transportation and land use planning integration in Brazilian largest cities, studying more deeply the metropolitan region of Rio de Janeiro (MRRJ). The methodology will be based on literature review about Brazilian urbanization process, the evolution of Rio de Janeiro urbanization as well as the application of land use and transportation integrated approach in developing countries and in Rio de Janeiro. As a result, this article identifies common patterns of the urbanization of Brazilian largest cities, expected benefits of the integration of transportation and land use policies, proposes and tests a simplified framework to assess effective Transit-Oriented Development implementation in the case of the MRRJ.

Keywords *Urban Mobility, Transit Oriented Development, Metropolitan Region of Rio de Janeiro, Transportation and Land Use Integration.*

1. INTRODUCTION

Brazil has experienced an accelerated urbanization process during the second half of the 20th century. Although this rapid urbanization process contributed to generate important benefits, such as an overall increase on life expectancy of the population, it also represented several challenges in terms of housing, transportation and equitable access to services and opportunities (Santos 1993, Maricato 2015). These issues are particularly visible in the largest cities where challenges assume greater proportion (Santos 1993, Souza 2003).

More recently, the constant urban mobility crises consolidated itself as one of the major urban issues. In fact, it was one of the main reasons of a significant wave of protest around the country in 2013. These demonstrations occurred in a moment which the country was investing considerable resources in public transit to get structurally ready to receive mega events, such as the FIFA World Cup in 2014 and the Olympics Games in 2016. After decades of low level of investments in public transportation, these new efforts created the expectation of noteworthy improvement in the urban mobility conditions in several cities (ITDP 2016).

However, while the need for investments in infrastructure is unquestionable, it will not alone be sufficient to solve all the challenges and lead Brazilian cities to better mobility conditions. More specifically, there are strong arguments that the promotion of an effective and sustainable solution for the urban mobility issues requires greater integration between transportation and land use planning (Litman 2016, Cervero 2009).

Several authors and institutions are defending that the organization and development of cities should be built upon the transit infrastructure, considering the principles of Transit Oriented Development - TOD (Cervero et al. 2004, ITDP 2013). Regarding this model, the main expected benefits are the improvement of democratic access to transport and opportunities, the reduction of time spent and distance of daily travel as well as the use of the automobile as well and its environmental impacts. However, multiples challenges remain to be addressed to promote an effective implementation in developing countries (Cervero 2013).

In order to set the ground that will guide this article, firstly the authors identified the main patterns of urban development in Brazilian large cities, based on the origin of urban mobility conditions. Then, this article discussed how TOD implementation could be part of the solution to improve these conditions as well as define a simplified framework to assess its effective implementation in the case of Metropolitan Region of Rio de Janeiro (MRRJ).

The second section of this work explores how TOD implementation could support urban planners to address specific common urban mobility issues, discussing what are its main challenges to be implemented and proposing an analytical framework of needed conditions for effective TOD application. The third section characterizes the obstacles faced in the MRRJ. Finally, the last section present a preliminary high level analysis of the case of the MRRJ as a specific example of urban planning and transportation challenges.

2. TRANSIT ORIENTED DEVELOPMENT: EXPECTED BENEFITS AND CHALLENGES

2.1 Relationship between Urban Form and Mobility Patterns

Multiple research conducted in North-America indicated that urban sprawl has significant interconnection with mobility patterns. In fact, the findings show an interconnection between urban sprawl with increasing use of automobile, in contrast to a decrease of walking, biking and use of transit, as well as no substantial improvement in congestion delay (Ewing et al. 2003).

On the other hand, several authors defend the implementation of smart growth policies to promote dense neighbourhoods, organized around major transit stations. In this regard, it would reduce dependency on automobile, increase walking and transit mode share as well as improving transport and housing affordability (Ewing & Hamidi 2014). Smart growth approach advocates for more compact and diverse development, in order to match demographic and economic expansion with environmental protection (Jepson & Edwards 2010). Aligned with these approach, since 1992, the European Community also opted to promote the compact city as the most desirable urban design. Therefore, it contributes to reduce transport needs, establish more favourable conditions for environmental friendly modes and it decreases the energy consumption at city level (Banister 2007).

Promoting sustainable mobility patterns supposes a rupture with traditional isolated urban development and transportation practices and to integrate transportation and land use planning as well as to incorporate the human scale design. By redefining urban space, fostering mixed-use development and common open spaces, promoting pedestrian oriented and friendly development, the new urbanism approach is supposed to decrease the number of drivers as well as increase safety and attractiveness active transportation (Jepson & Edwards 2010, Gehl 2010).

In addition to all these factors several authors defend that complementary travel management measures should be implemented to foment driving reduction. A revision of 26 study cases in the Transland Project (1999) financed by the European Commission reinforced that integrated land-use and transport policies based on increasing urban density around transit and promotion of mixed land-use have limited effects on driving reduction if not accompanied by measures to discourage its use aiming to turn this option more expensive or slower than the use of others modes.

TOD can be defined as dense and mixed-use land, which promotes attractive environment for walking, biking and public transport use. In other words, TOD is presented as an urban development model able to effectively promote sustainable mobility patterns. Moreover, it is also considered to be an effective model to promote revitalization of common spaces, stimulate more human interaction, turning transit surrounding areas more livable and safe (Mu & De Jong, 2012) as well as promoting more efficient use of existing infrastructure.

The research designed to address neighbourhood characteristics and its impact on the number and the means chosen for mobility highlights five main variables to be considered, in the promotion of sustainable mobility called the 5 Ds. They are: (1) net residential density, (2) diversity or land use, (3) urban design oriented to active transportation, (4) accessibility of destinations and (5) the distance to mass transit (Cervero et al. 2009).

Studies conducted in the United States have also shown that the distance to transit is the one of the most influential factor on the choice of transport mode as well as reducing driving (Lee & Cervero 2007). The findings of an analysis of 1449 high-capacity American transit stations in 21 cities pointed that transit ridership is significantly impacted when jobs are concentrated within $\frac{1}{4}$ mile from transit stations and half within $\frac{1}{2}$ mile (Cervero & Guerra 2011). Thus, promoting sustainable mobility is intrinsically related to putting people and jobs in the surroundings of transit stations.

2.2 Developing a Framework Analysis for TOD Implementation in Brazilian Metropolitan Regions

In the early 2000's TOD projects were already widespread among urban planner practitioners in the United States (Cervero et al. 2004). In Europe, although there is no evidence of urban intervention reclaiming the TOD principles, several initiatives integrating transport and land-use planning have been implemented (Rayle 2008).

However, though Curitiba is frequently cited as a best case of TOD implementation, successful examples in developing countries are more exception than rule. Study cases revealed that one of the main reason for this situation is that planners used to neglect the city-shaping potential of transit system infrastructure; then, leading to cost-minimization and under-investment in TOD multi-scale strategic planning - regions, corridors and station areas and public space improvement (Cervero 2013). Cervero (2013) also conducted a survey with urban planners in twenty-seven countries which found common implantation hurdles; such as, the lack of dedicated fund, the lack of inter-agency coordination, limited experience in TOD planning and implementation as well as weak political support and lack of stakeholder coalition to promote TOD.

According to Hakkaart & Morrissey (2014) there are four main themes that helps to successfully implement TOD: (1) integrated and coordinated governance, (2) supportive policy and legislation, (3) good relationship between the public and private sector and (4) well-planned and accessible mobility infrastructure. Likewise, Mu & de Jong (2012) identified six dimensions for effective TOD implementation: (1) urban design, (2) governance, (3) land use, (4) automobile restrictions, (5) transport service and (6) real estate market conditions.

However, the pattern of Brazilian urban expansion has significant differences comparing to North-American and European cities. The dispersion of the urban area was induced by the peripherization of low and middle income groups (LMI) expelled from valorised areas, either directly by the force of the state or indirectly as they are not able to pay increasing cost of living or the promotion of excluding regulations (Harvey 2014, Maricato 2015, Santos 1993, Abreu 1987). In the meantime, several consolidated areas of the cities were kept empty by public and private owners reinforcing highly unequal and inefficient pattern of land use (Harvey 2014, Maricato 2015, Santos 1993).

The literature review about the effects of smart growth policies and housing affordability suggests that TOD may impact housing affordability economical plans and gentrification threats for LMI populations (Addison et al. 2012). Therefore, a contextualization of TOD measures for local needs to include the concern of promoting equitable urban development as well as preserve access and right to the city for all.

Based on this review and a reflection about Brazil urbanization specificities, the authors propose a simplified framework (Table 1) to analyse the most important aspects to effectively implement TOD in Brazilian metropolitan region. This framework aims to provide a high-level structure, which needs to be customized according to local context with relevant indicators to assess each aspect and their different scale of analysis from regional, to corridor and stations areas level.

Table 1. Analytical framework for effective TOD implementation in Brazil

Category	Aspect	Definition	Sources
Transit infrastructure & operation	Coverage	High coverage of transit system providing urban dwellers access to medium and high-capacity transit station at walking distance.	Mu & de Jong (2012), ITDP (2013), Cervero et al (2009), Hakkaart & Morrissey (2014)
	Intermodal connections	High-level of physical, operational and fare integration between different transit modes to facilitate modal interchange and transfer.	Mu & de Jong (2012), ITDP (2013)
Governance	Planning	Capacity to conduct and implement participatory and multi-disciplinary planning for city-shaping transit infrastructure project considering multi-scale approach – regional, corridor and stations areas.	Cervero (2013), Mu & de Jong (2012)
	Coordination	Establish inter-organizational coordination in the processes of transit design, planning, operation and management, including coordination between land use and transport planning as well as between federal, state and municipal level.	Mu & de Jong (2012), Hakkaart & Morrissey (2014), Cervero (2013)
Land use	Density	High-density of residence and jobs offer around transit stations containing urban expansion characteristics of private vehicle oriented city planning. ¹	Cervero et al (2009), Mu & de Jong (2012), ITDP (2013), Cervero & Guerra (2011)
	Diversity	Mixed land-use areas creating offer of daily commerce and services for diverse needs, reducing necessity for long distance trips.	Cervero et al (2009), Mu & de Jong (2012), ITDP (2013)
	Mix of housing offer	Promote diversity of housing contemplating rich and poor, singles and families, young and old as well as houses for sale and for rent.	Mu & de Jong (2012), Hakkaart & Morrissey (2014), Addison et. al (2012)
Urban design	Active transportation	Interconnected street network linked to transit stations, well equipped with amenities, and scaled to the convenience and safe use of active transportation modes (walking and bike).	Mu & de Jong (2012), ITDP (2013)

3. HOW TOD PLANNING COULD CONTRIBUTE TO CHALLENGES IN THE MRRJ

3.1 The formation of the MRRJ

Rio de Janeiro urban formation was closely linked to the implementation of transport infrastructure (Rodrigues 2015). Since the last decades of the 19th century, the light rail system reinforced a trend of land occupation by high-income groups whereas the train

¹ Demographic density around transit station has to be aligned with local infrastructure capacity.

servicing suburban areas helped to displace the nascent industry and LMI groups evicted from valorized areas or arriving from other part of the country in quest of urban opportunities (Abreu 1987, Rodrigues 2015).

This pattern of social group distribution in the territory was reinforced by successive local and federal public administrations diverse measures strengthening the duality nucleus-periphery (Abreu 1987). The suburb was the destination of LMI extensive migratory flows. The large influx of families coming from several regions of the country started to overflow to other municipalities; resulting in conurbation and the expansion of the urban area towards the constitution of a metropolitan region (Abreu 1987, Ribeiro 2015).

In the last decades the socio-territorial dynamic of the MRRJ introduced more complex pattern of residential segregation with counter-trends such as the auto-segregation of the high-incomes groups in large condominiums as well as the “invasion” of valorized areas occupied by high-income groups by LMI families. Despite of this new trends, the separation of social groups is still dominant in the MRRJ (Rodrigues 2015, Ribeiro 2015).

According to Souza (2003), the residential segregation results from a complex set of factors among which are the urban poverty and the role of the state, mainly through its influence in creating spatial disparities in terms of infrastructure provision. Rodrigues (2015) stresses that residential segregation increases inequalities by reducing the access of some groups to several opportunities, mainly when it comes to jobs and transport network. This unequal access to opportunities is caused by the territorial segmentation which is defined by the separation between residential and jobs offer areas and influenced by the mobility offer in the territory (Ribeiro et al. 2010).

3.2 Overall MRRJ patterns of territorial organization and the mobility challenges

Created in 1974, the MRRJ includes twenty-one municipalities and is the second largest metropolitan region of the country with more than 11 million inhabitants (IBGE 2010). As in many other metropolitan regions, the MRRJ is currently experiencing a relative stabilization of its demographic growth with rates around 1% since the 1990's. Meanwhile its urban area kept increasing, resulting in lower densities (Rodrigues 2015). This expansion of the urban area was boosted by the growth of peripheral areas that since the 1950's which have grown faster than the city historical nucleus (Abreu 1987).

Among several inequalities of the territory, the unequal distribution of jobs offer is one of the most critical factor that impacts the mobility patterns; once the access to job is the reason for 45% of the displacement of the population in the MRRJ (Mihessen 2014). The city of Rio de Janeiro concentrates 53,7% of the total active population and 75% of formal jobs offered by the MRRJ, and only Rio de Janeiro, Niteroi and Itaguaí have higher percentage of jobs offer than of active population (Mihessen 2014).

In practice this means that a significant part of the population of the metropolitan region lives in dormitory cities and have to commute out of their places of residence to access jobs opportunities (Ribeiro 2004). Among the main metropolis of the country, MRRJ has the highest proportion of people spending more than one hour to travel to work (29%) and the second highest average commuting time to work (49,9 minutes) (IBGE 2014).

As pointed by Villaça (2012), the differences between social groups results from the spatial distribution of type of jobs and activities as well as the unequal dispute to live in

neighborhoods contemplated with better infrastructure offer. The access to transit infrastructure is one example of this situation. Only 30% of the total occupied households of the MRRJ lives within 1km radius of rapid transit stations and the difference between occupied households receiving more than 3 minimum wage (MW) and those with less than ½ MW is 24 percentage points (46% and 22% of respective groups are included in analyzed radius) (ITDP, 2016).

Table 2: Inequalities in terms of time spent and proximity to rapid transit in the MRRJ

Income bracket	Average time spent in minutes	Occupied households near rapid transit stations	Occupied households near rapid transit stations (in %)
Less than ½ MW	47,5	199.091	22%
Between ½ and 1 MW	50,4	259.658	24%
Between 1 and 3 MW	49,9	400.103	32%
Above 3 MW	49,0	304.298	46%
Total	49,9	1.163.150	30%

Source: ITDP 2014 and IBGE 2014

This inefficient distribution and service provided by transit infrastructure in the MRRJ combined with the strong increase of the motorization rate, which went up more than 70% between 2001 and 2014 (Metropolis Obs. 2015), are important factors to explain the progressive reduction of the use of public transport in the modal division of the MRRJ.

4. EXPLORING THE IMPLEMENTATION OF TOD IN THE MRRJ

4.1 Preliminary assessment of necessary conditions for an effective implementation of TOD in the MRRJ

This section consolidates an initial effort of assessing the case of the MRRJ according to the analytical framework defined in table 1. This assessment intends to provide a first and preliminary overall analysis on: whether the local context provides favorable conditions for TOD implementation at metropolitan level. It also seeks to address identify needs for further research as well as specific analysis at corridors and station area level. See overall summary of the results on Table 2 below.

Table 3: A summary of MRRJ's TOD context assessment.

Category	Aspect	Assessment	Observations
Transit infrastructure & operation	Coverage	Insufficient	Low and unequal coverage of the population by rapid transit.
	Intermodal connections	Insufficient	Confusing rules, lack of infrastructure and information for effective integration between transit modes.
Governance	Planning	Partially	Consistent recent progress of governance structure and planning.
	Coordination	To be researched	Still need more research mainly on sectorial coordination.
Land use	Density	Partially	Discrepancies identified between areas with high density under-served by rapid transit and areas with lower density served by BRTs.
	Diversity	Insufficient	Significant segmentation of territory reducing mixed-use areas.
	Mix of housing offer	Insufficient	There is no identified effort of promoting more social diverse neighborhood.
Urban design	Active transportation	Insufficient	Low micro-accessibility and urban integration on surrounding areas.

4.2 Transit infrastructure and operation

The MRRJ has one of the higher transit coverage among main metropolitan region in Brazil with 28% of its population living in 1km radius from rapid transit stations (ITDP 2016). The recent infrastructure built-up for the mega events contributed to a 6% increase of the population with access to rapid transit in the MRRJ. However, this improvement was exclusively concentrated in the municipality of Rio de Janeiro and no progress of this indicator was registered in the other municipalities.

The integration between the diverse modes operated by diverse level of government; still have to be improved in all its aspects. Fare integration for two trips in an interval of three hours works completely when using conventional buses and BRTs, partially with a discount when the integration involves the metropolitan rail system and there is no integration when it involves the use of the metro. Furthermore, the rules already changed several times since 2010, which contributes to create confusion among users. The physical aspects of the integration are precarious mainly when it involves rail and bus-based modes. The lack of information about frequency and real time information in the system jeopardize the reliability and operational integration for the users.

4.3 Governance

Significant improvements on the metropolitan governance structure were achieved since the creation of the Metropolitan Chamber of Governmental Integration, in 2015. Among its responsibilities, this Chamber has to develop integrated urban development and mobility plans for the MRRJ, contributing to fill a vacant space of regional planning since the 1980's. Next expected step is to develop initiatives over the corridor and station area planning to effectively promote TOD measures.

Besides the challenges of promoting coordination among twenty-one municipalities, the Chamber also has to develop financing mechanism for its activities since Statute of the Metropolis, promulgated in 2015, does not provide specific forms to raise funds to this governance body. Further research is needed on how the coordination of the diverse secretary of each municipality and the state governments are planned by the Chamber.

4.4 Land use

Not all rapid transit station areas are necessarily indicated to be contemplated by TOD measures (Cervero et al. 2004). Further research on existing infrastructure and its strategic characteristics has to be performed at corridor and station area level assessment. However, the analysis of the transit network of the MRRJ allows to identify the needs for improvement between the access of rapid transit and density of stations area. While the city of Rio de Janeiro increased significantly the coverage of its rapid transit network, even in less dense area, areas with higher density in the MRRJ area still under covered; mainly in the municipality of the Baixada and the East Fluminense regions.

On the other hand, as demonstrated by Rodrigues (2015) and Mihessen (2014), the MRRJ is characterized by strong territorial segmentation and some of its municipalities present patterns of dormitory-towns. Further research needs to be conducted regarding the localization of jobs in relation to the rapid transit stations is needed to assess the diversity aspects at corridor and stations area level assessment. Moreover, there is limited example

of the real estate and public administration coordination to promote more socially diverse neighborhood.

4.5 Urban Design

Micro accessibility for pedestrian, bike users and infrastructure integration with surroundings areas was historically neglected in the construction of rapid transit in the MRRJ. This can be evidenced by the low quality of sidewalks, inexistence of safe cycling network, limited bike parking spaces and poor quality of public spaces of station areas of the metropolitan trains where the transit infrastructure often creates barrier effects. Large single-use closed condominium with high number of parking spaces are currently the dominant edification model built by private developers. This model damage the connectivity of pedestrian and bike network, favor the use of car and reduce the attractiveness of active transportation modes use.

5. CONCLUSION

The literature review of Brazilian urbanization process showed that, preserved important specificities, the largest cities in Brazil experimented a urban growth with characteristics similar to the urban sprawl. More specifically, when concerning the expansion of urban area with low-density, creation of vacant spaces, separation of land use and deterioration of cities downtowns. Differently from the sprawl experienced in North-American and some European cities, the expansion of the Brazilian urban area was combined with the increasing peripherization of low and moderate income groups creating need for long and expansive commuting trips to access jobs, services and public facilities.

In that context, at the same time the application of TOD arises as a model to tackle a set of challenges caused by the Brazilian urbanization process and with potential to promote more sustainable mobility patterns, it also has to be customized consistently to span its specificities. This article provided a first effort to consolidate an analytical framework able to assess the existing pre-conditions of TOD implementation in Brazilian metropolitan regions. A preliminary assessment of the MRRJ case showed that this framework was useful to proceed a structured analysis of specific situation and identify specific challenges at regional-level.

However, to advance and support effective implementation of TOD more research must be performed to refine this framework. Through these new researches, it will be possible to define, more precisely, indicators for each aspect, differentiate critical and important aspects as well as identify specific methods to assess more detailed conditions at corridors and stations area level.

REFERENCES

- Abreu, M. de A. 1987. *Evolução Urbana do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro/SMU/IPP, 4 ed. 2009.
- Addison, C., Zhang, S. & Coomes, B. 2012. Smart Growth and Housing Affordability: A Review of Regulatory Mechanisms & Planning Practices. *Journal of Planning Literature August 2013*: 215-257.
- Banister, D. 2007. *Energy, quality of life and the environment: the role of transport*. The Bartlett School of Planning, University College. London, U.K. Published online: 13 Mar 2007.
- Cervero, R. 2013. BRT TOD: *Leveraging Transit Oriented Development with Bus Rapid Transit*

Investments (p. 28). Rio de Janeiro.

Cervero, R; Murphy, S; Ferrel, C; Goguts, N; Tsai, Y; Arrington G; et al. 2004. Transit-oriented Development in the United States: experiences, challenges, and prospects (TCRP Report 102). Washington, DC: *Transit Cooperative Research Program*

Cervero, R. & Guerra, E. 2013. *Urban density and transit: a multi-dimensional perspective*.

Cervero, R., Sarmiento, O. L., Jacoby, E., Gomez, L. F., & Neiman, A. 2009. Influences of Built Environments on Walking and Cycling: *Lessons from Bogotá*. *International Journal of Sustainable Transportation*: 203–226.

Ewing, R., Pendall, R., & Chen, D. 2003. *Measuring Sprawl and Its Transportation Impacts*. Washington, DC: Transportation Research Board.

Ewing, R. & Hamidi, S. Measuring sprawl 2014. *Report prepared for Smart Growth America*.

Gehl, J. 2010. *Cities for People*. Washington, Island Press.

Hakkaart, A. & Morrissey, J. 2014. Policy challenges for transit-oriented development. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*. Urban Design and Planning, pp.175-184

Harvey, D. 2014. *Cidades rebeldes: do direito à cidade à revolução urbana*. São Paulo: Martins Fontes. IBGE – *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios – PNAD 2014*. Rio de Janeiro: IBGE, 2014

IBGE – *Base de informações do Censo Demográfico 2010: Resultados do Universo por setor censitário*. Rio de Janeiro, 2011.

ITDP. 2013. TOD Standard v2.0.

ITDP. 2016. *Desafios e Oportunidades para Expansão do Transporte de Alta Capacidade no Brasil*.

Jepson, E. J. Jr.; Edwards, M. M. 2010. How Possible is Sustainable Urban Development? An Analysis of Planners' Perceptions about New Urbanism, Smart Growth and the Ecological City, *Planning Practice & Research*: 417-437.

Lee, R., and Cervero, R. 2007. *The Effect of Housing Near Transit Stations on Vehicle Trip Rates and Transit Trip Generation*. University of California, Institute of Urban and Regional Development.

Litman, T. 2016. *How Land Use Factors Affect Travel Behavior*.

Maricato, E. 2015. *Para entender a crise urbana*. São Paulo: Expressão Popular.

Mihessen, V., D. 2014. *Mobilidade Urbana e Mercado de Trabalho no Rio de Janeiro Metropolitano. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Fluminense, Faculdade de Economia*. Niterói, RJ. Mu,

R. & de Jong, M 2012. *Establishing the conditions for effective transit-oriented development in China: the case of Dalian 2012*

Rayle, L. 2008. *Tracing the effects of transportation and land use policies: A review of the evidence*.

Ribeiro, L. C. de Q. 2015. *Rio de Janeiro: transformações na ordem urbana: 287-319*. Rio de Janeiro: Letra Capital; Observatório das Metrôpoles.

Ribeiro, L. C., de Q. 2004. *Metrôpoles: entre a coesão e a fragmentação, a cooperação e o conflito*. São Paulo: Fundação Perseu Abramo.

Ribeiro, L. C. de Q., Rodrigues, J., M., Corrêa, F. S. 2010. *Segregação residencial e emprego nos grandes espaços urbanos brasileiros*. *Cad. Metrop.*, São Paulo, v. 12, n. 23, pp. 15-41.

Rodrigues, J. M. 2011. *Expansão territorial das metrôpoles brasileiras: população, economia e tendências. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Rio de Janeiro*.

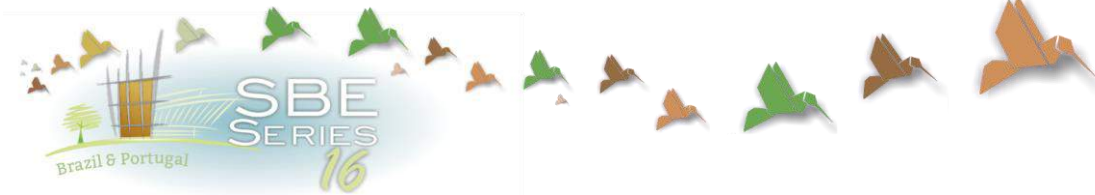
Rodrigues, J. M. 2015. *Condições de mobilidade urbana e organização social do território*. In Ribeiro, L. C. de Q. Rio de Janeiro: transformações na ordem urbana: 287-319. Rio de Janeiro: Letra Capital; Observatório das Metrôpoles.

Santos, M. 1993. *A urbanização Brasileira*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo.

Souza, M. L. de. 2003. *A B C do Desenvolvimento Urbano*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.

Villaça, F. 2012. *Reflexões sobre as cidades brasileiras*. São Paulo, SP: Studio Nobel, 2012.

Transland. 1999, Review of Practices in Land-Use & Transport. Website: www.inro.tno.nl/transland1



Verificação do Desempenho Acústico de Pavimentos em CPA na rodovia BR158

Alessandro Alves

URI, Curso de Arquitetura e Urbanismo, Frederico Westphalen (RS), Brasil
alessandro@uri.edu.br

Gabriela Sturzbecher

URI, Curso de Arquitetura e Urbanismo, Frederico Westphalen (RS), Brasil
gabysturz@hotmail.com

Joani Paulus Covaleski

URI, Curso de Arquitetura e Urbanismo, Frederico Westphalen (RS), Brasil
cvk.joani@hotmail.com

Bibiana Zandoná

URI, Curso de Arquitetura e Urbanismo, Frederico Westphalen (RS), Brasil
bibianazandona@hotmail.com

RESUMO: O ruído de tráfego resulta do acúmulo de emissões sonoras de todos os veículos, embora este seja oriundo de várias fontes que resultam da soma do funcionamento do motor, sistema de escape e da interação pneu/pavimento. As duas primeiras fontes de ruído afetam principalmente em baixas velocidades, enquanto que em velocidades acima de 50 km/h o ruído da interação pneu/pavimento é predominante. Na Europa, o ruído ambiental é um dos principais fatores que prejudicam à saúde, sendo a segunda maior causadora de doenças, perdendo apenas para a poluição do ar. A metodologia utilizada neste estudo segue a norma ISO 11819-1 usando o processo de medição de passagem, em que um medidor de NPS foi instalado ao lado da pista e mede-se o ruído máximo causado pela passagem de uma certa quantidade de veículos e através deste resulta o SPBI. O objetivo deste estudo é verificar a eficiência dos pavimentos "silenciosos" em reduzir o ruído nas rodovias. Buscou-se avaliar o desempenho de pavimentos com CPA executado na rodovia BR-158 e sua comparação com um piso tradicional da rodovia BR-158 em CBUQ. Também foi realizada a avaliação da macrotextura através do ensaio de Mancha de Areia e ainda da microtextura por meio do experimento com o Pêndulo Britânico. Observou-se que os NPS obtidos no trecho em CPA são bem inferiores ao trecho padrão usado na comparação. Sabe-se que iniciativas nesse sentido são importantes para garantir um desenvolvimento qualificado, proporcionando qualidade de vida para a população e até mesmo prevenir danos à saúde.

Palavras-chaves Emissões sonoras, Ruído ambiental, Camada porosa de atrito.

1. INTRODUÇÃO

O conforto possui um caráter subjetivo e é definido pela sensação de bem-estar e influenciado por vários fatores entre estes podemos salientar a acústica. O som é definido “como uma forma de energia que é transmitida pela colisão de moléculas, umas contra as outras, sucessivamente”. (Gerges, 2000). Já o ruído é tido como um tipo de som, mas o som não é considerado necessariamente um ruído. (Alves, 2013).

Atualmente o ruído rodoviário é um problema grave de qualidade ambiental, surge essencialmente dos mecanismos de contato entre os pneus e a superfície do pavimento e em vias de trânsito rápido que necessitam maiores cuidados, especialmente em áreas próximas a aglomerados urbanos, em função de danos que podem causar a saúde.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O impacto do ruído na qualidade de vida dos seres humanos

As perturbações geradas pela exposição dos seres humanos ao ruído ambiental desencadeiam efeitos na saúde como perturbações no sono, aborrecimentos e estresse e, além disso, com um grande período de exposição, pode-se aumentar o risco de doenças cardiovasculares e distúrbios psiquiátricos. (Alves, 2013).

A exposição dos seres humanos a altos níveis de ruído acaba por ocasionar respostas involuntárias e inconscientes do organismo a esse estímulo. As principais alterações fisiológicas reversíveis são: dilatação das pupilas, hipertensão sanguínea, mudanças gastrintestinais, reações musculares e vaso constrição das veias. Além das alterações fisiológicas existem as bioquímicas que são: mudanças na produção de cortisona, do hormônio tiroide, de adrenalina, na glicose sanguínea e na proteína do sangue. O ruído também provoca efeitos cardiovasculares, tais com aumento da pressão sanguínea, causando hipertensão arterial (Fernandes, 2002).

2.2 Fontes de ruído de tráfego: influencias no conforto acústico

O ruído de tráfego resulta da acumulação das emissões de ruído de todos os veículos, conforme pode-se visualizar na Figura 1, no entanto cada veículo tem várias fontes de ruído, cuja soma corresponde ao ruído total desse veículo. As principais fontes de ruído resultam do funcionamento do motor, do sistema de exaustão e da interação pneu/pavimento. As primeiras influenciam o ruído principalmente a baixas velocidades, enquanto que para velocidades acima dos 40 a 50 km/h o ruído da interação pneu/pavimento é predominante (Bendtsen et al., 2005; Sans 2006).

2.3 Mecanismos de geração de ruído pneu-pavimento

O ruído de tráfego surge da acumulação das emissões de ruído de todos os veículos, veículos estes que individualmente possuem várias fontes de ruídos que somadas resultam em um ruído total. De acordo com Specht et al. (2009) “os mecanismos de geração e transmissão de ruído pneu/pavimento são bastante complexos. A geração está ligada às vibrações mecânicas do pneumático (impacto, choque e adesão) e a mecanismos aerodinâmicos. A magnitude de cada fator depende da via (textura superficial, propriedades dos agregados utilizados e temperatura), do pneu (tipo, pressão de inflação) e do veículo (tipo, velocidade

e condições de condução). A transmissão pode ser direta (da fonte ao receptor) ou refletida em alguma barreira ou no próprio pavimento”, desta forma, fica caracterizado que muitos fatores podem influenciar o NPS total a ser medido.

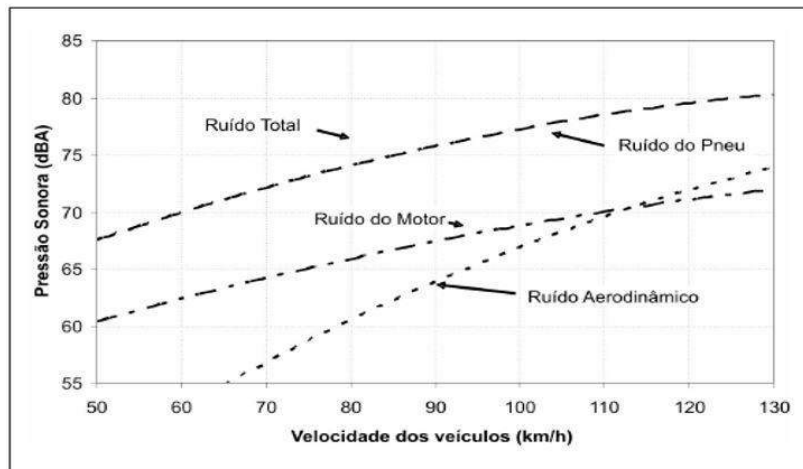


Figura 1 - Influência dos diversos fatores no ruído. Fonte: Hanson et al. (2005)

2.4 A utilização de pavimentos silenciosos e permeáveis

Na Europa, os métodos correntes para a limitação do ruído rodoviário incluem: a construção de barreiras acústicas, o controle do tráfego (com a limitação da velocidade), a alteração do traçado vertical e horizontal, a definição de zonas protegidas e o método inovador: a construção de “pavimentos silenciosos” (Camomilla et al., 2004).

Embora os “pavimentos silenciosos” mais recentes pareçam muito eficazes, estes ainda não são construídos correntemente (Camomilla et al., 2004), tendo-se optado pelas camadas de desgaste porosas, as quais permitem simultaneamente aumentar as condições de visibilidade na presença de precipitação e reduzir o ruído de circulação do tráfego.

Relativamente às camadas tradicionais, as camadas porosas proporcionam uma redução do ruído geralmente compreendida entre 3 e 5 dB (A), por vezes até superiores em condições particulares (Baugham et al., 2002). A eficácia das camadas “silenciosas”, especialmente as camadas drenantes, pode ficar comprometida na presença de água, uma vez que esta pode aumentar significativamente os níveis de ruído (Descornet et al., 2000). Na Figura 2, pode-se observar as camadas indicadas para pavimentos porosos.

A água na superfície dos pavimentos ocupa o espaço resultante da irregularidade da superfície das camadas com misturas densas e abertas, principalmente o correspondente à macrotextura, e os poros dos pavimentos drenantes, tendo como consequência o aumento das vibrações e do bombeamento de ar. A água pode conduzir a um aumento de ruído até 15 dB (A). Nas camadas densas e porosas usadas em Portugal, verificou-se um aumento de 3 dB (A) (Freitas et al., 2006), o que corresponde a um aumento do volume de tráfego de 50%.

A porosidade permite não só a drenagem da água do pavimento como também do ar que preenche as ranhuras do pneu. Deste modo, uma superfície porosa proporciona uma melhor absorção sonora, que se traduz na redução da reflexão acústica do pavimento e na atenuação da propagação das ondas na superfície deste. A porosidade reduz o efeito de

pavilhão que ocorre entre a superfície do pavimento e a parte do piso do pneu que não está em contato com o mesmo. Para que estes efeitos sejam eficazes, a porosidade deve ser superior a 20% (Silvia, 2006).

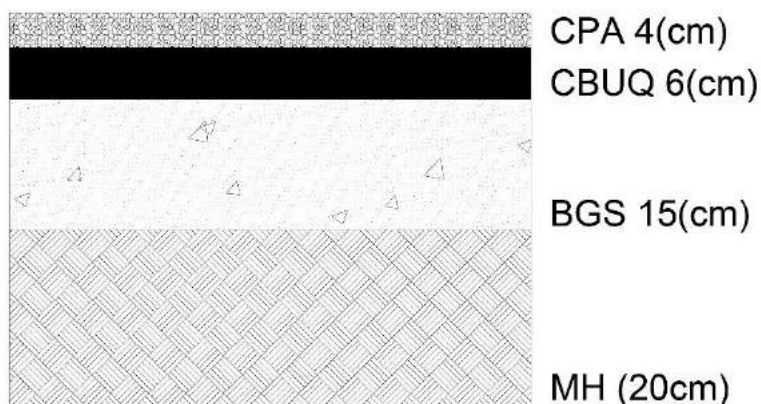


Figura 2- Esquema de composição do trecho em CPA. Fonte: Do autor com base em DNIT (2012).

3. METODOLOGIA

3.1 Definição dos pontos, horários de medição e duração das medições

A definição dos dois trechos em estudo que estão localizados na rodovia BR158 entre as cidades de Boa Vista das Missões e Palmeira das Missões no estado do Rio Grande do Sul, Brasil, partiu da tipologia da pavimentação asfáltica e entorno para que estes não influenciassem na medição do ruído produzido pelos veículos permitindo desta forma analisar e comparar o desempenho acústico da pavimentação asfáltica tradicional em CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado a Quente) com o trecho em CPA (Camada Porosa de Atrito), através da medição do ruído. Comparou-se assim o impacto que estas tipologias de pavimentação asfáltica têm no ruído ambiental produzido nestes dois trechos em análise.

Foi realizada a demarcação do trecho em análise, através de uma trena para delimitar um espaço de 100m que deverá ser percorrido pelos veículos e onde serão coletados os dados para o estudo. Marcou-se o início e fim do trecho com cones de sinalização e para obter-se o tempo que os veículos levam para passar pelo trecho de 100m delimitado, fez-se uso de um cronômetro, marcando o início e fim do tráfego do veículo neste trecho. O local escolhido para a realização das medidas deve ser livre de obstáculos ou elementos que interfiram nas medidas e a pista deve estar seca e representar adequadamente o revestimento que se pretende caracterizar. A medida de velocidade era feita com a determinação do tempo que o veículo levava para percorrer uma distância preestabelecida (entre duas estacas = 100m) e então calculada a velocidade média.

O equipamento para medição do NPS (Nível de Pressão Sonora) que será utilizado para a medição do nível máximo do ruído sonoro, será colocado a 7,5 m do centro da via e a 1,2 m de altura, conforme Figura 3. Para realização das medições do NPS foram utilizados os seguintes equipamentos: Medidor de nível de pressão Sonora 01dB - BLACK SOLO 01 número de série: 65856, calibrado pelo INMETRO em 10/03/2014, certificado de calibração nº RBC3-8834-368 processo nº 14141; Calibrador de nível de pressão Sonora 01dB - CAL 21 número de série: 34634214, calibrado pelo INMETRO em 10/03/2014, certificado de

calibração RBC2-8834-611 processo nº 14141 e Microfone 01dB - MCE 212, número de série: 153606, calibrado por Prepolarized Free Field Microphone em 09/10/2013.

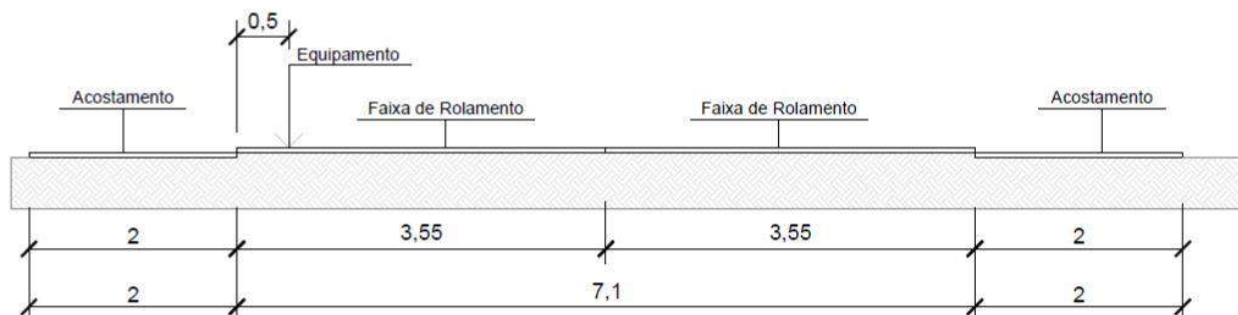


Figura 3 - Posicionamento do equipamento de medida na rodovia.

O tráfego foi classificado segundo o Manual de estudos de tráfego do DNIT (DNIT, 2006) e segundo a ISO 11819-1, que classifica os veículos em apenas duas categorias: 1 - carro e 2 - caminhões e ônibus, subdividindo-se em 2a para os veículos com dois eixos e 2b para veículos com mais de 2 eixos. Um número mínimo de veículos de cada categoria deve ser atendido; para veículos de passeio, 100, para veículos pesados com dois eixos, 30 e, para veículos pesados com mais de dois eixos, 30, sendo que a soma destes dois últimos deve ser, no mínimo, 80. Ainda deve-se destacar que só devem ser levados em consideração veículos que estão claramente livres da interferência acústica de outros veículos. Deve ser feita uma regressão linear dos valores obtidos para que eles possam enquadrar-se aos da Tabela 1.

Tabela 1. Velocidade de referência e peso dos fatores (W_x).

Categoria do veículo		Velocidade da rodovia					
		Baixa		Média		Alta	
Nome	Número	Velocidade de referência	W_x	Velocidade de referência	W_x	Velocidade de referência	W_x
Carros	1	50km/h	0,90	80km/h	0,80	110km/h	0,70
Pesados de dois eixos	2a	50km/h	0,08	70km/h	0,10	95km/h	0,08
Pesado de mais de dois eixos	2b	50km/h	0,03	70km/h	0,10	95km/h	0,23

Então aplicá-los na Equação 1 que fornece o SPBI:

$$SPBI = 10 \lg \left[W_1 x 10^{L_1/10} + W_{2a} (V_1/V_{2a}) x 10^{L_{2a}/10} + W_{2b} (V_1/V_{2b}) x 10^{L_{2b}/10} \right] \quad (1)$$

Onde: SPBI = Índice estatístico de passagem (*Statistical Pass-by Index*), para uma média entre veículos leves e pesados. L_1 , L_{2a} , L_{2b} = Valores de nível pressão sonora para as categorias respectivas em dB (A). W_1 , W_{2a} , W_{2b} = Fatores que presumem as proporções dos veículos respectivos, de acordo com a Tabela 1. V_1 , V_{2a} , V_{2b} = Velocidades de referência dos veículos, de acordo com a Tabela 1.

Também foi realizada a análise da aderência pneu-pavimento e para isto foi realizado avaliação da macrotextura (método Mancha de Areia) e microtextura (atrito medido com Pêndulo Britânico). O processo de mensuração da macrotextura, pelo método da altura de

areia (ASTM E965-96), consiste em espalhar, com movimentos circulares de um dispositivo apropriado (espalhador de madeira com revestimento de borracha) na superfície do pavimento, um volume conhecido de areia ou microesferas de vidro ($25000\text{mm}^3 \pm 150\text{mm}^3$). Mede-se o tamanho da mancha em 4 direções, conforme pode-se visualizar na Figura 4, e então, com a média, calcula-se a altura da macrotextura, ou altura de areia, pela Equação 2:

$$hm = \frac{4.V}{dm^2 \cdot \pi} \quad (2)$$

Na equação 2 consideramos: hm = altura média de areia, V = volume e dm= média das medidas da mancha na superfície do pavimento.

No momento do ensaio o pavimento deve estar perfeitamente limpo e seco e as microesferas devem ter um grau de esfericidade superior a 90% e tamanho padronizado (90% passante na peneira nº60 e retida na nº80).



Figura 4 - Ensaio de macrotextura através do método Mancha de Areia.

Tabela 2. Limites de aplicação do revestimento segundo sua macrotextura. Fonte: Pasquet (1968).

Textura superficial	Limites de valores de hm (mm)		Aplicação do revestimento
	Mínimo	Máximo	
Muita fina	< 0,2		Não deve ser utilizado
Fina	0,2	0,4	Reservado p/ zonas urbanas V < 80 km/h
Média	0,4	0,8	Indicado para vias com 80 km/h < V < 120km/h
Grossa	0,8	1,2	Indicado para vias rápidas com V > 120km/h
Muito Grossa	> 1,2		Indicado em casos especiais

Já a microtextura está relacionada a própria superfície do agregado mineral, a qual pode ser áspera ou polida, cujos comprimentos de onda variam entre 0 a 0,5mm e amplitude de 0 a 0,2mm. Esta propriedade depende das propriedades mineralógicas dos agregados e é de fundamental importância para romper o filme de água quando do contato pneu/pavimento. A maneira mais comum de se medir microtextura é através do ensaio de pêndulo britânico (ASTM D303-93).

O princípio de funcionamento do Pêndulo Britânico é a perda de energia de um pêndulo com base emborrachada ao deslizar sobre o pavimento. O ensaio determina a resistência à derrapagem na superfície e o valor de atrito medido por este equipamento é expresso em BPN (British Pendulum Number) ou, em português, VRD (Valor de Resistência à Derrapagem).

A medição do valor de atrito representativo do local ensaiado é obtida realizando-se cinco lançamentos da sapata contra o pavimento, sendo a primeira medição descartada e com as demais se calcula o valor médio do VRD. A Figura 5 mostra o Pêndulo Britânico após o lançamento da sapata contra a superfície do pavimento.

Tabela 3. Classes de microtextura pelo método do Pêndulo Britânico (DNIT, 2006).

	LIMITES	CLASSIFICAÇÃO
A	$VRD < 25$	Perigosa
B	$25 < VRD < 31$	Muito lisa
C	$32 < VRD < 39$	Lisa
D	$40 < VRD < 46$	Insuficientemente rugosa
E	$47 < VRD < 54$	Medianamente rugosa
F	$55 < VRD < 75$	Rugosa
G	$VRD > 75$	Muito rugosa

Conforme especificado no Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos (DNIT, 2006), a microtextura de uma superfície pode ser classificada em função do VRD obtido no ensaio com Pêndulo Britânico. As classes de microtextura podem ser verificadas na Tabela 3, acima.

O Manual do DNIT (2006) recomenda valores de $VRD \geq 55$, ou seja, as superfícies devem apresentar características medianamente rugosa a rugosa.



Figura 5 - Execução do ensaio de microtextura com o Pêndulo Britânico.

4. LEVANTAMENTO DE DADOS

4.1 Resultado das medições de NPS

Na obtenção dos dados, além da velocidade, as variáveis número de eixos foram relacionadas com a variável pressão sonora e, de maneira semelhante, os valores dos coeficientes de correlação ficaram muito baixos; todavia foi possível verificar que, de uma maneira geral, aumentando o número de eixos, aumenta-se o ruído.

Também de posse das 363 medidas foi realizada uma tentativa de correlacionar, estatisticamente, tais variáveis, suas interações e efeitos quadráticos, com a variável de resposta; verifica-se que como o coeficiente de variação analisa a dispersão em termos relativos, ele será dado em %. Quanto menor for o valor do coeficiente de variação, mais homogêneos serão os dados, ou seja, menor será a dispersão em torno da média. De uma forma geral, se os CV: foram menores ou iguais a 1%, caracterizando uma baixa dispersão, somente em um caso alcançou-se 16% determinando uma dispersão média.

Na tabela 4, serão apresentados os resultados médios obtidos nas medições de NPS nos dois trechos propostos. Foram também calculados os valores médios de velocidades, desvio padrão e coeficiente de variação.

Tabela 4. Resumo dos valores e resultados obtidos a partir das medições

Parâmetros	Revestimento/veículo					
	CPA/1	CPA/2a	CPA/2b	CBUQ/1	CBUQ/2a	CBUQ/2b
Nº de Medições	102	48	32	100	38	43
Velocidade média - Km/h	68	56	50	71	73	82
Nível de Pressão Sonora média - dB (A)	74,08	83,63	82,5	76,8	85,52	87,52
Desvio Padrão - dB (A)	3,14	13,41	2,79	3,01	4,56	12,63
Coeficiente de Variação - %	4,24	16,03	3,38	3,84	5,34	14,43

Os valores de NPS, preconizados pela NBR10151 (ABNT,2000), são extrapolados (> 70dBA); nota-se, também, que o tipo de revestimento causa modificações expressivas no ruído, quando comparamos a média do CBUQ (SPBI = 82,00 dB (A) – 181 medições) com a média do CPA (SPBI= 77,67 dB (A) – 182 medições). Segundo USDOT/FHA (1995), alterações de -3 e -5dBA no ruído representam 50 e 67% de perda na energia acústica.

Nas medições para análise da microtextura obteve-se valores médios para o trecho com CPA, seco e molhado, de VRD = 86,6 e VRD = 57,6 respectivamente, e no trecho em CBUQ tradicional, também seco e molhado respectivamente, de VRD = 90 e VRD = 60, verificando-se em todos os casos um VRD \geq 55, com classificação das superfícies apresentando características rugosas a muito rugosas, conforme recomendado pelo DNIT.

Conforme verificado nas referências, a maneira mais difundida de medição da macrotextura é através do ensaio de mancha (ou altura) de areia normalizado pela ASTM D965-96, na Tabela 5 são apresentados os valores obtidos nas medições realizadas nos dois trechos analisados.

Tabela 5. Resumo dos valores obtidos no método de ensaio Mancha de Areia.

	CPA		CBUQ	
	Mancha 01	Mancha 02	Mancha 01	Mancha 02
diâmetro médio (mm)	147	141,25	285,5	278,75
hm (mm)	1,65	1,79	0,44	0,46

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Cada vez mais o ruído causado pelo tráfego rodoviário tem se tornado um quesito de projeto de rodovias rurais e urbanas e tem sido alvo de pesquisas e preocupação da sociedade em geral. O artigo apresentou, a partir de 363 medidas de NPS em 2 trechos diferentes da

rodovia BR 158, o cálculo do SPBI (Statistical Pass-by Index) através do qual foi possível verificar a importância do tipo de pavimento sobre o ruído ambiental. Esse índice é bastante adequado para caracterização do ruído, visto que a média direta dos valores medidos não pondera a velocidade e a composição de tráfego de cada via.

O CBUQ foi o tipo de revestimento que apresentou os maiores valores de ruído (82,00 dB (A)), sendo que o CPA apresentou menor valor (77,67dB (A)).

As diferenças de valores entre revestimentos chegam a 4,33 dB (A), o que representa perda na energia acústica acima de 50%. Reforça-se, também, que a redução da velocidade traz sensíveis reduções no ruído.

Verificou-se também que em relação a microtextura ambos os trechos se equivalem, estando dentro das recomendações do DNIT em relação a rugosidade das superfícies.

Já na Tabela 5, onde são apresentados os valores de macrotextura obtidos com a realização de 4 ensaios, 2 em cada um dos trechos estudados, da rodovia BR158, localizados no estado do Rio Grande do Sul, nota-se uma grande amplitude de valores para os diferentes revestimentos, desde 0,44mm do trecho de CBUQ tradicional até 1,79mm para o trecho em CPA.

Desta forma, podemos demonstrar que os resultados apresentados indicam a importância de se considerar o tipo de revestimento no ruído ambiental, bem como podem auxiliar na tomada de decisão de futuros projetos de engenharia rodoviária.

REFERÊNCIAS

- ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS) - NBR 10151. Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento. Rio de Janeiro. 2000.
- ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS) - NBR 10152. Níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro. 1987.
- ALVES, A. Desenvolvimento de uma ferramenta para análise do estudo de impacto de vizinhança na área de emissões sonoras. 2013.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard test method for measuring surface frictional properties using the British pendulum tester. D303-93. In: ASTM ...Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia, v 4.03, 5p. 2000.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard test method for measuring pavement macrotexture depth using a volumetric technique. D965-96. In: ASTM ...Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia, v 4.03, 3p. 2000.
- BAUGHAM, C., CHINN, L., HARRIS, G., STAIT, R., PHILIPS, S. Resurfacing a Motorway with Porous Asphalt: Effects on Rural Noise Exposure and Community Response. 2002.
- BENDTSEN H., RAABERG J. “French Experiences on Noise Reducing Thin Layers”. Disponível em <http://www.vejdirektoratet.dk/publikationer/VInot028/index.htm>. Denmark. 2006.
- CAMOMILLA, G., LUMINARI, M. Silent Road for Urban and Extra-Urban Use: the Innovative resilient and resonant pavements, proceedings of the 5th symposium on pavement surface characteristics, Toronto, Canada. 2004.
- DESCORNET, G., FAURE, B., HAMET, J., KESTEMONT, X., LUMINARI, M., QUARESMA, L., SANDULLI D. Traffic Noise and Road Surfaces: State of the Art, Report for SIRUUS project, Belgian Road Research Centre, Brussels. 2000.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. Manual de estudos de tráfego. Publicação IPR723. Rio de Janeiro, 2006. 384p.
- FERNANDES, J.C. Acústica e ruídos, 2002.

- FREITAS E., PEREIRA P., PICADO-SANTOS L., SANTOS A. A influência da água no ruído produzido pelo tráfego rodoviário. Universidade do Minho, Portugal. 2006.
- FUJIWARA, T., MEIARASHI, S., NAMIKAWA, Y., HASEBE M. Noise Reduction Effect of Porous Elastic Road Surface and Drainage Asphalt Pavement, Proceedings of the 84th Transportation Research Board Annual Meeting, Washington. 2005.
- GERGES, S. N.Y. Ruído: Fundamentos e Controle. 2. ed. Florianópolis: UFSC, NR Editora, 2000. 600 e 676p. 1992.
- HANSON, D. I., DONAVON, P., JAMES, R. Tire/pavement noise characteristics for HMA pavements. Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists, v.74, p.1-38, 2005.
- HOFMAN, R., KOOIJ, J. Results from the Dutch Noise Innovation Program Road Traffic (IPG) and Roads to the Future Program (WnT), Proceedings of Internoise 2003, 32nd International Congress and Exposition on Noise Control Engineering, Korea. 2003.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 11819: Acoustics - measurement of the influence of road surface on traffic noise. Genebra, 1997, Parte 1. 31p.
- PASQUET, A. Campagne nationale de glissance 1967 em France. Colloque international sur la glissance et la securitté de la circulation sur routes moullées. Berlin. 717-732. 1968.
- SANDBERG, U., EJSMONT, J. Tyre/Road Noise Reference Book, Sweden. 2002.
- SANS. 2006. Evaluación del Ruido de Rodadura en Carreteras. Ciudad Real.
- SILVIA. Guidance Manual for the Implementation of Low-Noise Road Surfaces. Brussels. Belgium. 2006.
- SPECHT, L. P., CALLAI, S. C., KHATCHATOURIAN, O. A., KOHLER, R. Avaliação do ruído através do SPBI (Statistical Pass-By Index) em diferentes pavimentos. 2009.
- URBONAS, B., STAHRÉ, P. Stormwater – Best management practices and detention for water quality, drainage, and CSO management – PTR Prentice Hall, Inc., 1993, 449 pg.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF TRANSPORTATION / FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION. *Highway traffic noise analysis and abatement policy and guidance*. Washington, 1995. 95p.
- WHO (WORLD HEALTH ORGANIZATION). *Novas Evidências dos Efeitos na Saúde Relacionadas com o Ruído de Tráfego na Europa*. 2011.



Desenvolvimento orientado do trânsito no novo contexto da participação do cidadão

Pedro Henrique Alves Negreiros

Federal University of Rio de Janeiro, Urban Engineering Program, Rio de Janeiro (RJ), Brazil
phnegreiros@poli.ufrj.br

Gisele Silva Barbosa

Federal University of Rio de Janeiro, Urban Engineering Program, Rio de Janeiro (RJ), Brazil
giselebarbosa@poli.ufrj.br

ABSTRACT: Innovations that enable citizen participation in planning and city management have been responsible for a revolution of the relationship with the environment. It reflects in urban models which until recently were considered solutions for a good planning, as the Transport Oriented Development (TOD) that uses urban development concepts, integrating land use with transport system. This article aims to examine which manner the principles of the TOD are inserted in a context in which the collaborative economy, the informal urbanism, micro transit, energy generation and urban farming are prominent themes. This research is justified by the need to understand what should be done in planning terms and management in order to maximize the positive impacts and minimize the negatives innovations consequents. Therefore, this work presents successful experiences about the topics mentioned in cities inside and outside Brazil. It has been found that governance is one of the biggest challenges in the structuring of municipal management, and the institutional flexibility is a premise to relationship of several factors that are involved in the construction of the productive city productive. Urban development models will have to reinvent themselves, because they cannot ignore the strength of these innovations.

Keywords *Transit Oriented Development; Urban Planning; Citizen Participation*

1. INTRODUÇÃO

O momento atual evidencia que o planejamento urbano pode ser uma resposta para as questões econômicas, sociais e ambientais globais. Tais questões, como as mudanças climáticas, são uma realidade na qual as cidades deverão ter potencial para enfrentar, já que abrigam parcelas cada vez maiores da população.

Segundo Ximenes (2015, p.16), na história do desenvolvimento das cidades, muitas ideias surgiram visando a melhoria da qualidade de vida da população. Verifica-se, hoje, uma gama de peculiaridades herdadas de modelos urbanos, em especial do Movimento Modernista. No entanto, a cidade contemporânea é caracterizada por sua heterogeneidade e complexidade, o que se traduz em novas demandas que tais modelos não são capazes de atender. Portanto, estudiosos da área ainda buscam por modelos que respondam às atuais demandas.

É importante considerar, porém, que as cidades são sistemas vivos e complexos, tendo sua estrutura em permanente alteração. Para Finguerut e Fernandes (2015), a cidade é o reflexo da interação dos cidadãos com seu espaço, que, por sua vez, também é resultado da organização dos processos econômicos.

Não entender essa constante alteração e a particularidade de cada local, e assim elaborar planos baseados em modelos rígidos, pode comprometer o enfrentamento de tais questões. Como concluíram Finguerut e Fernandes (2015), “ainda que a falta de planejamento tenha gerado diversas distorções, estas não foram maiores que as causadas pela adoção dele”.

O planejamento no qual se discute neste artigo, deve considerar a natureza dinâmica da cidade. Isso significa que quanto maior for a participação dos cidadãos nos processos de planejamento, mais este estará respondendo as reais demandas e transformações da cidade.

Isso acaba se refletindo em modelos urbanos que até pouco tempo eram considerados soluções para um bom planejamento, como o TOD (sigla em inglês para Desenvolvimento Orientado ao Transporte), que traduz conceitos de desenvolvimento urbano integrando uso do solo com sistema de transportes. Esses modelos terão que se reinventar, pois não poderão ignorar o poder descentralizado da sociedade civil e da iniciativa privada, habilitado pelas novas tecnologias.

Este artigo tem como objetivo analisar de que formas os princípios do Desenvolvimento Orientado ao Transporte se inserem em um contexto no qual a economia colaborativa, o urbanismo informal, microtransporte, geração de energia e agricultura urbana são temas de destaque. Tal investigação se justifica pela necessidade de compreender o que deve ser feito em termos de planejamento e gestão para maximizar os impactos positivos e minimizar os negativos das inovações e intenções de planejamento. Para tanto, será feita uma revisão bibliográfica sobre o TOD, relacionando-o com os temas supracitados, seguindo de apresentação de casos de sucesso na aplicação dos mesmos.

2. O DESENVOLVIMENTO ORIENTADO AO TRANSPORTE

De acordo com Ximenes (2016, p. 17), as singularidades urbanas provenientes do Movimento Modernista apresentam especial impasse para as cidades, dentre os quais, se destaca o favoritismo pelo uso do automóvel.

Em oposição a isso, diversos movimentos surgiram, com destaque para o Novo Urbanismo, o qual inspirou diversos dos modelos urbanísticos contemporâneos. Tal movimento busca retomar os tipos do urbanismo tradicionais relativos ao arranjo das quadras e da arquitetura, visando a redução de percursos e a criação de comunidades compactas (MACEDO, 2007, p.11).

Entre os modelos urbanísticos contemporâneos, o TOD vem se destacando, sendo citado como referência, inclusive, no Plano de Referência para Elaboração de Planos de Mobilidade 2015 (Guia PlanMob 2015), do Ministério das Cidades. Seu principal conceito é o desenvolvimento de bairros com usos mistos (residencial, comercial e serviços), oferta de transporte público e condições propícias ao transporte não motorizado. Sua aplicação mais usual é no entorno de estação de transporte de alta capacidade, onde a ocupação deve ser adensada (BIAGINI, 2014, p.58). Nas palavras do Guia PlanMob 2015, o termo TOD diz respeito à ação estatal para requalificação do espaço urbano focando em princípios da mobilidade urbana sustentável. Visa redefinir os parâmetros de urbanismo, com foco em cidades compactas, adensadas, bem conectadas e com uso misto do solo.

Segundo Gehl (2013, apud BIAGINI, 2014, p. 11), durante muito tempo a maioria das cidades descuidou da paisagem humana, em detrimento ao tráfego de veículos. Para Biagini (2014, p.55), o TOD é uma resposta ao espraiamento urbano, um modelo de planejamento centrado no automóvel que determinou o padrão de vias e transportes. Biagini também cita o Novo Urbanismo e o Smart Growth como outros dois exemplos desta resposta, que apesar das designações diferentes apresentam conteúdo similar.

De acordo com o Guia TOD Standard 2.0 do Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento – ITDP, os oito princípios desse modelo urbanístico são:

- Caminhar: Criar vizinhanças que estimulem os moradores a andar a pé;
- Pedalar: Priorizar o uso da bicicleta;
- Conectar: Criar redes densas de vias e caminhos;
- Transporte Público: Oferecer sistemas de transporte rápidos, frequentes, confiáveis e de alta capacidade;
- Misturar: Estimular maior diversidade de atividades pelo uso misto do solo;
- Adensar: Aumentar a densidade no entorno das estações de transporte público de alta capacidade;
- Compactar: Reorganizar regiões para encurtar viagens casa-trabalho-casa e;
- Mudar: Promover mudanças para incentivar o uso de transporte público, caminhar ou pedalar.

A priorização do transporte não motorizado pode ser explicada por Gehl (2013, apud BIAGINI, 2014, p.14), que diz que o tráfego de pedestres e de bicicletas economiza espaço na cidade, pois as ciclovias têm capacidade de circulação cinco vezes maior que uma pista de automóveis, e nas calçadas circulam vinte vezes mais pessoas do que dentro dos automóveis nas faixas de veículos. Em relação à área de estacionamento, onde cabe um carro cabem dez bicicletas. Além disso, a circulação a pé não exige nenhum investimento ou equipamento individual, à exceção dos necessários para as pessoas com deficiência (BRASIL, 2004).

O uso misto do solo visa diminuir as distâncias, ao mesmo tempo que se oferece um espaço vibrante em todas as horas do dia. Isso diminui a necessidade de transporte motorizado.

Para distâncias maiores, o TOD propõe que se invista em transportes de alta capacidade, pois estes apresentam maior eficiência no uso da estrutura viária. Para estimular seu uso, o entorno das estações deve ser mais adensado e diversificado, aumentando as chances de se poder cumprir todos os percursos sem nenhum tipo de transporte motorizado individual ou de baixa capacidade.

2.1 O TOD e o urbanismo informal

De acordo com Finguerut e Fernandes (2015, p.55), a cidade é o reflexo da interação dos cidadãos com seu espaço, que, por sua vez, também é resultado da organização dos processos econômicos. Isso faz com que uma nova forma de planejar os espaços possa sempre surgir, acompanhando as mudanças dessas relações.

Pode se afirmar que estamos entrando na era da colaboração, que pode gerar impactos inclusive no desenho urbano. De acordo com Leite (2015, p. 51), o urbanismo informal aparece como um novo processo emergente nas grandes metrópoles contemporâneas, caracterizado por práticas de baixo-para-cima (bottom-up), facilitadas pelas redes sociais e pelos diversos instrumentos de tecnologia da informação e comunicação. Tais instrumentos possibilitam se trabalhar com uma grande massa de dados (big data), o que reflete em novas formas de se planejar o espaço urbano (FINGUERUT; FERNANDES, 2015).

De acordo com Junqueira (2015), a organização da sociedade e as comunicações se desenvolveram a ponto de aproximar o cidadão e o seu governo. Diversas cidades estão entendendo esse momento e procurando novas formas de governança, onde o poder público se preocupa menos em ser o protagonista das transformações urbanas e passa a ser um facilitador destas.

Para Ruiz e Tigre (2015, p.90), cada vez mais, empresas start-up, organizações locais e pessoas comuns desenvolvem ferramentas e serviços interativos que permitem a participação dos cidadãos no planejamento e na gestão da cidade. Estas inovações são feitas de forma descentralizada e sem grandes investimentos, e vem sendo responsável por uma revolução na relação com o espaço. Esse processo facilita ao cidadão ser um usuário ativo do meio urbano.

Um exemplo que merece destaque é o Amsterdam Smart City, uma plataforma colaborativa que conecta a prefeitura de Amsterdã, empresas, instituições acadêmicas e cidadãos, reunindo soluções para o desenvolvimento urbano dentro do conceito de Smart Cities.

Uma questão que surge com esta nova realidade é qual o papel do planejador urbano neste cenário e como os modelos urbanísticos podem se inserir em tal. Para Ruiz e Tigre (2015, p. 91), é necessário um estilo de liderança focado em desenvolver ferramentas que estimulem a interoperabilidade dentro e além dos sistemas da cidade, visando a integração entre os movimentos bottom-up e top-down.

Isso significa que modelos como o TOD são importantes para orientar os movimentos top-down, mas é fundamental que se compreenda a natureza dinâmica da cidade para que não se apegue a modelos rígidos, e sim, àqueles que reconhecem a necessidade de cooperação com os movimentos espontâneos da mesma.

2.2 Microtransporte

Um exemplo de movimento espontâneo nas cidades é a criação de serviços de transporte baseado na demanda. Como foi explicado anteriormente, o planejamento urbano segundo os princípios do TOD se baseia no transporte de alta capacidade, o qual deve orientar o adensamento das cidades. Tal planejamento visa que o transporte complementar seja feito, preferencialmente, por meios não motorizados.

Mesmo quando uma cidade possui um sistema de transporte de alta capacidade eficiente, ainda há o problema da última milha (last mile problem), pois nem sempre o trajeto casa x transporte de alta capacidade x casa será ideal para ser feito a pé ou de bicicleta. E é neste ponto que o carro se torna atrativo, pois, de acordo com Schlickmann (2015), é relativamente barato, tendo em conta o conforto, limpeza e praticidade que oferece. Schlickmann conclui, então, que a solução é o chamado microtransporte (microtransit), já que, muitas vezes, o sistema de ônibus tradicional não é uma alternativa atrativa para o motorista.

Segundo o mesmo autor, o microtransporte é um transporte coletivo de nicho, que não segue o foco tradicional do sistema de transporte de massa das cidades e foca no cliente com acesso a um carro, mas disposto a deixá-lo em casa para usar um transporte com uma boa relação de custo-benefício (SCHLICKMANN, 2015).

O microtransporte também tem uma forte componente tecnológica associada, com todo o procedimento de consultar a linha, o horário, o preço e realizar o posterior pagamento por smartphone (SCHLICKMANN, 2015). Essa associação com a tecnologia, propiciada pela disseminação da internet, permite que os usuários avaliem o serviço de forma online, assim como acontece com o Airbnb, no caso do mercado de hotelaria, que cria modelos colaborativos.

Dessa forma, pode-se começar a pensar a personalização do transporte, criando um meio termo entre uma questão de massa e sua forma individualizada.

Alguns exemplos de microtransporte são o Leap, Bridj e Uberpool, nos EUA. No Brasil, o Frescão, da cidade do Rio de Janeiro, pode ser um exemplo, apesar de ser oferecido pelas próprias empresas concessionadas pela prefeitura e sem a parte tecnológica.

Segundo Schlickmann (2015), esses serviços, no entanto, enfrentam dificuldades para operar, pois tem de lidar com a resistência dos governos, aliados aos sindicatos e às burocracias para alterar o sistema vigente. Schlickmann compara esses serviços à proibição residencial de energia elétrica: por muito tempo, a produção de energia ficou sob monopólio do estado, mas com as novas tecnologias, a produção residencial e sua venda para a rede elétrica se tornou possível. De acordo com o autor, apenas governos retrógrados tornariam proibida a produção elétrica residencial, e o mesmo vale para mobilidade urbana. As cidades, portanto, têm que fugir do típico arranjo monopolista e abraçar estas inovações e incorporá-las na oferta de transporte.

Um transporte de alta capacidade requer altos investimentos, não sendo viável, portanto, para qualquer realidade. Uma solução muito frequente para que se garanta uma demanda satisfatória para viabilizar sua operação é a restrição forçada de seus concorrentes. Apesar dessa medida ser prejudicial para o sistema de transporte como um todo, deve-se notar que o microtransporte não compete com o transporte de alta capacidade.

É importante diferenciar as economias de escala e de escopo. Os sistemas de média ou alta capacidade (metrô, trem urbano, VLT e BRT) se encaixam na primeira categoria, de escala, e os sistemas atomizados de baixa capacidade (táxi, transporte informal/alternativo e microtransporte) se encaixam na segunda, de escopo (SCHLICKMANN, 2016).

Os dois sistemas, portanto, devem trabalhar juntos. Dessa forma, o governo poderia focar suas energias nos sistemas de média ou alta capacidade, que precisam de financiamentos e intervenções consideráveis e, paralelamente, liberalizar a oferta de transporte de baixa demanda, apenas oferecendo e regulando a infraestrutura básica, como pontos de ônibus e terminais de integração (SCHLICKMANN, 2016). A organização do espaço e do sistema de transporte de acordo com os princípios do TOD se configura em medidas top-down, que devem ser, portanto, pensadas para serem integradas a movimentos complementares na forma bottom-up.

3. ALÉM DO TOD

As cidades evoluem e com elas evolui o campo do planejamento urbano. O TOD surgiu a partir de movimentos como o Novo Urbanismo, e estes apresentam muitas semelhanças entre si. Da mesma forma, outros modelos surgem e, muitas vezes, são bastante semelhantes, pois refletem um mesmo contexto histórico e, conseqüentemente, as mesmas preocupações.

Pode se citar como exemplo o Integrated Modification Methodology (IMM), que é uma metodologia de projeto baseada em um processo integrado de fases de avaliação para tornar um contexto urbano já existente mais sustentável e eficiente energeticamente por meio de alterações morfológicas. Para isso, o IMM propõe simulações a partir de indicadores pré-estabelecidos. Essa metodologia se sustenta em princípios semelhantes aos do TOD, com algumas adições. Enquanto o TOD foca apenas no desenho urbano, relacionando transporte e uso do solo, o IMM avalia também o consumo de energia, a gestão do lixo e da água e a produção de alimentos.

As questões que o IMM acrescenta em relação ao TOD são temas em evidência quando se trata de planejamento urbano. Entre eles, porém, a produção de alimentos merece destaque, pois, no contexto urbano, representa mais do que uma necessidade básica.

De acordo com Monzoni e Nicolletti (2015, p. 64), a agricultura urbana desempenhou papel fundamental na manutenção da vida e das interações nas cidades em diversos momentos da história, e vem retomando força recentemente em um contexto de crise econômica e valorização dos produtos locais.

Os benefícios gerados por essa prática vão ao encontro dos princípios do TOD, já que esta promove mais uma atividade para o espaço urbano, aumentando a diversidade de usos do mesmo. Além disso, diminui a necessidade de transporte, e dá mais vida ao espaço público, pois este é retomado pelos cidadãos, que tem seus laços comunitários e afetivos estreitados com o aumento do sentido de pertencimento a sua comunidade, fruto do trabalho coletivo e da cooperação. Como resultado, ainda, produzem uma cidade esteticamente mais agradável (MONZONI e NICOLLETTI, 2015, p. 64).

Três exemplos de agricultura urbana, que merecem atenção, estão na Holanda. Na cidade de Haia, a empresa suíça Urban Farmers inaugurou a maior fazenda urbana em terraço da

Europa. O modelo criado, livre de agrotóxicos, constitui-se de estufas com sistemas que mesclam o plantio com tanques de peixes, reaproveitando tanto os materiais orgânicos quanto a água usada no processo. A empresa, que possui outras estufas na Europa, está estudando a instalação de uma na cidade de São Paulo.

Em Amsterdã, a área de De Ceuveld foi cedida pela prefeitura por um período de 10 anos para ser revitalizada. O espaço é atualmente ocupado por escritórios, ateliês e por uma horta, que fornece alimento para o café criado no local, o qual foi responsável por tornar a área, antes abandonada, frequentada pela população de Amsterdã. O que chama atenção neste caso, não é simplesmente a revitalização de uma área degradada, mas o fato de ser uma iniciativa da população local, que se organizou e transformou o local num polo de trabalho criativo.

Em Roterdã, o envolvimento da população foi crucial para a realização de um projeto para unir duas regiões da cidade separadas pela ferrovia. A ponte de pedestres Luchtsingel, idealizada pela sociedade civil, foi a primeira peça de infraestrutura do mundo financiada, em parte, por meio de crowdfunding. Tal estrutura surge como elemento unificador de um projeto ainda maior que conta com uma horta urbana e áreas para recreação e atividades culturais.

4. CONCLUSÃO

Embora não contemple algumas questões de alta relevância nos dias de hoje, o TOD sintetiza o pensamento que deve orientar o planejamento urbano, que é a busca por cidades mais compactas, pois estas tendem a ser mais sustentáveis. Para isso, o planejamento e o uso e ocupação do solo não podem ser feitos de forma separada do planejamento da mobilidade, pois estes são desassociáveis.

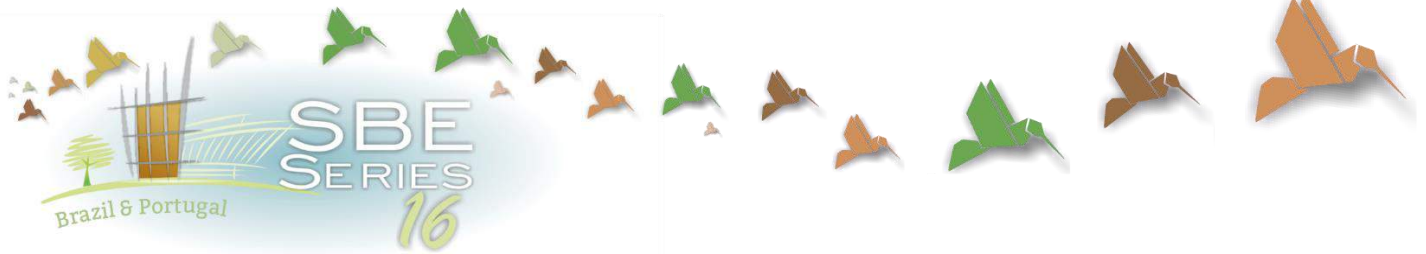
O que se questiona, no entanto, é que, mesmo com os princípios certos, decisões podem impactar negativamente na vida das pessoas se forem tomadas sem a participação destas. Para evitar tal situação, os governos devem abrir mais espaço para as iniciativas bottom-up, pois estas refletem, de forma mais assertiva, as demandas da população.

A tecnologia da informação e comunicação tem um papel fundamental para tal. O Estado deve, então, criar um ambiente favorável para o surgimento dessas iniciativas e, para isso, é necessário aumentar ainda mais a conectividade entre os cidadãos. Isso pode ser feito tanto de forma online, como por meio de projetos urbanos. A agricultura urbana é um exemplo de intervenção, que, além dos benefícios da atividade exercida, no caso a produção de alimentos, estreita laços comunitários, o que pode estimular o engajamento da população na melhora de seus bairros.

São muitos os fatores de intervenção na qualidade de vida urbana e talvez a mais sensível ao cidadão seja a mobilidade. Os princípios do TOD podem contribuir para a projetos eficientes de mobilidade, mas é necessário aumentar os parâmetros de análise e incluir novos conceitos como o conforto ambiental, o urbanismo informal e o microtransporte.

REFERÊNCIAS

- Biagini, T.G. 2014. *Mobilidade Não Motorizada, Morfologia Urbana E Legislação: Diretrizes Para Qualificar O Espaço Urbano*. Rio de Janeiro, Brazil.
- Finguerut, S.; Fernandes, J. M. 2015. Planejando as Cidades do Século XXI. *Cadernos FGV Projetos, Rio de Janeiro*, p. 46 – 61.
- Junqueira, P. 2015. Por dentro do Centro de Operações da Prefeitura do Rio de Janeiro. *Cadernos FGV Projetos, Rio de Janeiro*, n. 24, p. 124 – 139.
- Monzoni, M.; Nicolletti, M. 2015. A Cidade Para Os Cidadãos: *Mobilidade, Energia e Agricultura Urbana*. Rio de Janeiro, p. 56 – 65.
- Ruiz, I.; Tigre, A. 2015. Smart Cities além da tecnologia: gestão e planejamento para inovação urbana. *Cadernos FGV Projetos, Rio de Janeiro*, n. 24, p. 140 – 156.
- Schlickmann, M.P. 2015. Micro-Transporte: Uma Solução Imediata Para A Mobilidade Urbana. Disponível em: <http://mercadopopular.org/2015/06/micro-transporte-uma-solucao-imediate-para-a-mobilidade-urbana>. Acesso em 21/05/2016.



Proposal of a Social Index for Sidewalk Quality in Large Brazilian Cities

Lívia Brigagão

Professional Master in Urban and Environmental Engineering, Pontifical Catholic University of Rio de Janeiro – RJ, Brazil

livia.brigagao@etu.ufrj.br

Jean Marcel Faria Novo

School of Accountability and Management of the Court of Accounts of the State of Rio de Janeiro, Brazil

jeanmfn@gmail.com

Celso Romanel

Department of Civil Engineering, Pontifical Catholic University of Rio de Janeiro – RJ, Brazil

romanel@puc-rio.br

ABSTRACT: The concentration of the urban population and the dynamics of cities present challenges to the municipal governments in their task to extend and conserve paved paths for pedestrians, especially in metropolises such as Rio de Janeiro where the integration between two or more modes of public transport is performed almost entirely on the surface and through bus lines, requiring the use of sidewalks more often. Although the Federal Constitution addresses the themes regarding accessibility in buildings and urban mobility, public actions for traffic solutions still favor motorized modes. Without proper conservation, sidewalks with holes and bumps are all over the city. Lack of access ramps for people with reduced mobility and misplaced newsagents reduce the pedestrians' flow capacity. It is undeniable that for the management of urban sidewalks, planning and related administrative actions need techniques that take into account the dynamics in place of empirical solutions. This research proposes a sustainable pavement model that prioritizes the social and institutional dimensions of the complex represented urban reality. A social index for sidewalk quality could help citizens and the public authorities to monitor and diagnose the conservation of sidewalks in order to take in due time the required actions to guarantee good conditions of urban mobility for pedestrians in large cities.

Keywords *Urban sidewalks; Urban infrastructure; Urban mobility; Social index for sidewalk quality*

1. INTRODUCTION

Pavements for pedestrians were object of attention of government since the 17th century, when cities still had no motor vehicles. In the city of Rio de Janeiro, capital of the Brazilian empire, "in 1870, a new urban structure was in process, in total harmony with transportation; the city expanded due to the capacity of the transport network to ensure transportation of the population" (Silva, 2008). Figure 1 exhibits the granite sidewalks of Ajuda street, in the proximities of the municipal theater of Rio de Janeiro, in the early 20th century. They offered good comfort and safety conditions even for current demand levels. This example represents a significant advancement in pedestrian infrastructure in comparison to pavements that still prevailed at the time, as the "pé-de-moleque" (boy's-foot, a Brazilian candy made with crunched peanuts) that emerged in colonial times, still present in neighborhoods of Rio de Janeiro and other historical cities of Brazil. Figure 1 also shows a segment in "pé de moleque" on the current Rio Branco avenue, discovered in 2015 upon construction of the light rail vehicle (VLT).



Figure 1. (Left) - Ajuda street at the beginning of the 20th century with sidewalks in granite stones; (right) - Stone sidewalk in "pé-de-moleque" style on Rio Branco avenue, Rio de Janeiro.

Sources: www.rioquepassou.com.br/andredécourt/wp-content/imagens/
Jornal O GLOBO g1.globo.com/rio-de-janeiro/noticia/2015/10/historico-achado-em-obra-do-vlt-e-parcialmente-destruido.html

Currently, sidewalks may be considered an indicator of human development, within the sustainable human mobility dimension, defined as the displacement manner that prioritizes the individual, producing minimal energetic cost with significant reduction of pollutants emissions and noise levels, restricting the use of cars and decreasing their speeds.

In this scenario, wherein sustainability is considered a guideline for urban development policies, which have among their purposes equity and social justice in the appropriation of land, resources and the use of road space, city walking gains more importance (Gondim, 2001). In Brazil, where more than 80% of the population lives in cities, how does the municipal public administration act on the current sidewalks infrastructure? Could a sidewalk quality index serve as a tool to the manager and the proper population, through residents associations to diagnose and monitor the quality of sidewalks? An attempt to answer these important questions is the aim of the present work.

2. DIMENSIONS OF A SOCIAL SUSTAINABLE SIDEWALK

The sustainable urban infrastructure, even without directly dealing with environmental issues (such as the consumption of resources and energy) has increasing importance to society. "Mobility is the condition for checking social inclusion and quality of life indexes, in that it also enables or not the connection to social and economic opportunities" (Guimarães, 2012).

According to the Ministry of Cities (Brazil, 2016), sustainable mobility is the main link between transport, circulation and urban development policies. Although the term sustainable mobility reflects the concern with the transportation system on which society began to depend on, the big question to be answered is whether the existing structure will continue to work in order to meet the population in its need for mobility. The urban infrastructure for non-motorized transport is a component of this structure, where sidewalks are the basic link that connects the citizen with the transport system.

Sustainable sidewalks, in addition to containing properties that enable a pavement for a long service life, and compatible with conservation procedures suitable to the precepts of sustainability, must meet some social criteria (minimum safety, minimum comfort and minimum accessibility) and be under the care of a management able to guarantee its functionality through guidelines, operational capacity and management instruments. There is desire for a sustainable sidewalk model that contemplates and adds aspects of contemporary urban reality in the light of the diversity of concepts and recent developments in the areas of urban planning, public administration, environmental and urban engineering in the social and institutional dimensions.

2.1 Social dimension

Some concepts are presented for evaluation and monitoring of sidewalks by the public administration in such a way that governance decisions, in the medium term, and conservation actions in the short term, are prioritized.

2.1.1 Minimum Security

Anti-slip floor surface suitable for preventing slipping but with rolling comfort for wheelchair users and those visually impaired; sidewalk signaling - visual, tactile and sound according to the definitions of NBR 9050 (ABNT, 2015); signs for access ramps, garages and crosswalks, according to Brazilian Traffic Code (Brazil, 1997); presence of traffic lights for pedestrians; night lighting - NBR 5101 (ABNT, 2012) sets the minimum luminous flux for sidewalks at 3 lux for light routes and 5 lux for moderate pedestrian movement at night.

2.1.2 Minimum Comfort

In this essay, minimum comfort is understood as flow and speed conditions offered by the sidewalk do that the pedestrian has no difficulties or impediments to displace due to narrowing of passages, presence of obstacles, flood points, etc.

Free lane - defined by NBR 9050 (ABNT, 2015) as destined exclusively for pedestrian circulation, with minimum width of 1.20 m. In the city of Rio de Janeiro the free lane is established at 1.50m. The space between the free lane and the car lane constitutes the service lane, destined to landscaping, access ramps for vehicles, lampposts, traffic signs

and street fixtures. It must have minimum width of 0.75m with the measurement of 1m being recommended for Rio de Janeiro;

Permeability - modern engineering seems to have adopted concrete as the standard coating for sidewalks (precast plates, hydraulic tiles, interlocked blocks) as in the technical specification for sidewalks in the city of São Paulo (São Paulo, 2016), possibly due to its availability and compressive strength and abrasion resistance characteristics. In relation to urban soil permeability, a better selection would be draining materials that allow rainwater passage, reduce the flow speed to the rain water collection networks, assist upon fighting floods and allow reuse water collection.

Green streets - trees, flower beds and lawns improve the environmental condition for those that walk on urban streets. Cities have been adopting solutions that incorporate green areas to enhance climatic and environmental conditions, with set up of parks, implementation of green corridors and urban arborization programs. The selection of vegetation must be careful, with leaves with size greater than the opening of rainwater drain grates and checking root growth type: horizontal roots may damage the finish and deep roots, depending on the location of planting, may cause damage to underground pipes.

Markers and interferences that reduce the width of the free lane (landscaped flower beds, poles, street fixtures, newsstands) or overhead obstacles (signs, marquees, vegetation, lanes less than 2.10 m in height). In the city of Rio de Janeiro the installation of landscaped flowerbeds and markers depend on municipal authorization (Rio de Janeiro, 2012) to avoid interference with the pedestrian circulation free lane.

Conservation of sidewalks – in Rio de Janeiro the responsibility for cleaning, maintenance or construction of sidewalks is of the condominium, owner of the real estate or land (Rio de Janeiro, 1988).

2.1.3 Minimum accessibility

Longitudinal slope of pavement at maximum 8.33% (1:12) and transversal pavement slope at maximum 3% according to NBR 9050 (ABNT, 2015); sidewalk abasement, to facilitate the transition from the public road to the sidewalk, should be lowered in the direction of flow, with no gap between the end of the rolling surface abasement, marked with crosswalk or traffic light if there is pedestrian crossing forecast; elevated pedestrian crossing, allowing movement in level between opposite sidewalks, must be flush, with no water passage interruption and comply with the technical specifications of NBR 9050 (ABNT, 2015).

2.2 Institutional dimension

The engineering services warranty with high quality and useful lifetime levels compatible with investments made depends on compliance with laws that translate principles and collective and individual guarantees and technical standards set up by experts. The implementation of these guidelines stems from the degree of organization of the institutions responsible for urban planning and management instruments. To this end, institutions must seek the efficiency, which as a constitutional principle, "does not only reach the public services provided directly to the collective, but must also be observed in relation to internal administrative services of the federative entities and entities linked to

them" (Carvalho Filho, 2010). In the pursuit of efficiency, institutions must have guidelines, operational capacity and management instruments.

2.2.1 Guidelines

Laws, technical standards and director plans are needed to provide technical and legal support for institutions to engage upon planning, elaboration and execution of projects. In urban centers sidewalks must comply with the minimum requirements defined by the Brazilian Traffic Code (CBT) and also by the urbanization plans of the respective municipality, mostly as to what regards environmental and accessibility aspects. Article 68 of the CBT (Brazil, 1997) presented developments in pedestrian and cyclist protection such as, for example, "in the works of art to be built, there must be forecast for a pedestrian walk, which must not, in such conditions, use the shoulder" (Article 68, § 5th) and "cyclists on foot pushing their bicycle are equivalent to pedestrians when it comes to rights and obligations" (Article 68, § 1st).

The Brazilian Technical Norms Association presents the regulation on sidewalks in NBR 12.255 (ABNT, 1990) and in NBR 9.050 (ABNT, 2015). The Federal Constitution grants to the municipalities the competence to legislate on local interest matters and carry out the urban development policy, aiming at full development of city functions. The municipality of Rio de Janeiro elaborates its Sustainable Urban Mobility Plan - PMUS (Rio de Janeiro, 2015) which must guide public investments in the city's transport infrastructure for 10 years, as of 2016, with integration of motorized and non-motorized modes, prioritizing public transport, displacement on foot and bicycle and greenhouse gas emissions.

2.2.2 Operating capacity

The efficiency of public service performance depends on entities comprised by technically empowered people that act in cooperation to assess public administrators upon priority technical matters, in permanent and ongoing manner, for the sound operation of systems under their jurisdiction. The lack of knowledge of technical standards for technological control can be common among public fiscal agents. Services such as asphalt paving, concreting or mortar for lining present a useful lifetime shorter than those specified in project, while the parameters of their constituent components (granulometry, dosage, homogeneity, etc.) and application conditions (temperature, tools and equipment, transport time, etc.) are not controlled. In the absence of technical teams to follow up the project, a simple blockage of the public drain network, for example, can consume days to be diagnosed, if there is no file of underground infrastructure. Decision-making, on several occasions, is on account of the proper technicians of the contractor (Novo, 2003).

2.2.3 Management instruments

To survey the services requested by the population of Rio de Janeiro, the Municipal Conservation Secretary (Seconserva) uses a telephone service (1746) for citizen demands. There are no quality indicators for services performed, just compliance goals: 7 days for pothole repairs, 7 days for clearings and 15 days for other conservation services. Requests are analyzed and monitored in light of such compliance terms; when exceeded, the system issues alerts (Brandão, 2016).

3. INDEXES FOR EVALUATION OF SIDEWALKS

Ferreira and Sanches (2001) proposed the SQI - Sidewalk Quality Index considering the following consecutive stages: in the first, the most relevant quality indicators are selected, such as safety (which analyses the possibility of conflict among pedestrians and vehicles), maintenance, effective width, security (pedestrian vulnerability to robberies and assaults) and visual attraction, granting points according to the level of services performed; in the second one, weights are attributed to each of the previous quality indicators according to the perception of their respective importance by the pedestrians, and may vary from 1 to 5; the final stage consists of calculation of a pondered average of partial results for estimation of the SQI.

Keppe Jr. and Ferreira (2008) defined the SCAI - Sidewalk and Crossing Accessibility Index to estimate the mobility and accessibility degree for people with special needs, wheel chair users or the elderly. The same methodology as the IQC was employed, but with the selection of the following indicators of physical and environmental quality of infrastructure: comfort (effective width, longitudinal slope, transversal slope, type of flooring material); security (existence of signs and ramps, vehicle approximation perception, vehicle flow, surface conservation status, view of oncoming vehicles downstream crossing the sidewalk); environment (street arborization, aesthetics, location, lighting, depth vision).

The SISQ - Social Index for Sidewalk Quality proposed in the present work incorporates the social and institutional dimensions in the diagnostic of minimum physical and operating conditions of the infrastructure. The selected quality criteria and indicators in each dimension were mentioned previously (sections 2.1 and 2.2) being listed in Table 1 with the corresponding pondering factors for normalization of grading scales of the index calculation, according to equation 1.

$$SISQ = \left(\frac{\sum Sec + 3}{30} + \frac{\sum Comf + 11}{30} + \frac{\sum Acc + 2}{10} + \frac{\sum Cons + 25}{25} \right) / 4 \quad (1)$$

where *Sec*, *Comf*, *Acc* and *Cons* refer to security, comfort, accessibility and conservation criteria, respectively.

The practicality of scoring the indicators that make up each part of SISQ and the easy understanding of the calculation method make the SISQ a mechanism for appropriate participation by ordinary citizens wishing to manifest themselves about the quality of infrastructure of sidewalks, expressing their level of satisfaction through diagnostics for corrective action in the short and medium term.

Mechanisms for individual participation, according to Cortes (2011), allow citizens to express their opinions on services and goods offered by the municipality or whose provision is regulated by the municipal government. Examples are services that receive suggestions and investigate complaints online or over the phone such as the crime stopper service or the municipal ombudsman agency.

Table 1– Criteria and indicators for the Social Index for Sidewalk Quality

Criteria	Indicator	Punctuation		
Minimum security Min=-3 Max=27 Scale = 1:30	Non-slip floor	Ceramic or flat granite	0	Single choice
		Slate	2	
		Ceramic brick, hydraulic tile, interlocked elements, draining floor, Portuguese stone	3	
		Rough granite, soil-cement	4	
		Concrete or precast concrete plates	5	
	Signaling	Absence	0	Multiple choice
		Garage exits with visual and sound signals	1	
		Ramps signs	2	
		Tactile floor	2	
		Crossing	3	
Pedestrian traffic lights		3		
Lighting	Timer Traffic lights for pedestrians	4	Multiple choice	
	Traffic lights with sound for pedestrians	4		
	Tree canopy preventing the incidence of artificial lighting (need for specific project)	-2		
	Less than 3 lux	-1		
	3 to 5 lux	2		
Minimum comfort Mín=-11 Máx=19 Scale=1:30	Free range	Over 5 lux	3	Choose one
		Ceramic or flat granite	-2	
		Slate	1	
		Ceramic brick, hydraulic tile, interlocked elements, draining floor, Portuguese stone	2	
	Permeability	Above 1,80m	3	Multiple choice
		Absence of any element that contributes to the flow; need for design and construction of drainage structures for	-2	
		Construction, garden, lawn	3	
		Culvert presence	4	
		Floor drainage	5	
	Afforestation	Absence	0	Choose one
Planting minimum		2		
Planting abundant		3		
Bollard		Presence (outside the norm)	-1	Choose one
		Absence	0	
		Presence (as Standards)	1	
Interferences	Over 50 % of the employed effective width	-5	Multiple choice	
	% to 50 % of the employed effective width	-3		
	-25 % of the employed effective width	-2		
	Aerial obstacles below 2.1m	-1		
	No interference	0		
	Longitudinal inclination	Over 8.33% (1:12)		-2
Minimum accessibility	Less or equal to 8.33% (1:12)	2	Choose one	
	Transversal inclination	Above 3%	0	Choose one
Min=-2 Max=8 Scale = 1:10	Sidewalk abasement	Less or equal to 3%	2	Choose one
		Absence	0	Choose one
	Elevated lane at crossing	Abasement with ramp	2	Choose one
		Absence	0	Choose one
Management Min=-25 Max=0 Scale = 1:25	Conservation	Presence	2	Multiple choice
		Large presence of potholes	-5	
		Traffic light for pedestrians with faulty bulb	-4	
		Pole with faulty lamp	-4	
		Manhole visibly blocked	-3	
		Presence of trash or debris	-3	
		Gap, irregular depression or elevation	-2	
		Crosswalk paint heavily worn out	-2	
		Coating with noticeable wear or cracks	-1	
		Tactile floors with flaws (broken or loosened plates)	-1	
Well-preserved sidewalk	0			

Source: Own authorship.

4. APPLICATION OF THE SOCIAL INDEX FOR SIDEWALK QUALITY IN THE CITY OF RIO DE JANEIRO

The Social Index for Sidewalk Quality was applied upon analysis of sidewalks in several public venues in the city of Rio de Janeiro, including a segment of Pasteur avenue, at Urca neighborhood, recording the main quality indicators given in Table 1, as shown in Figure 2.

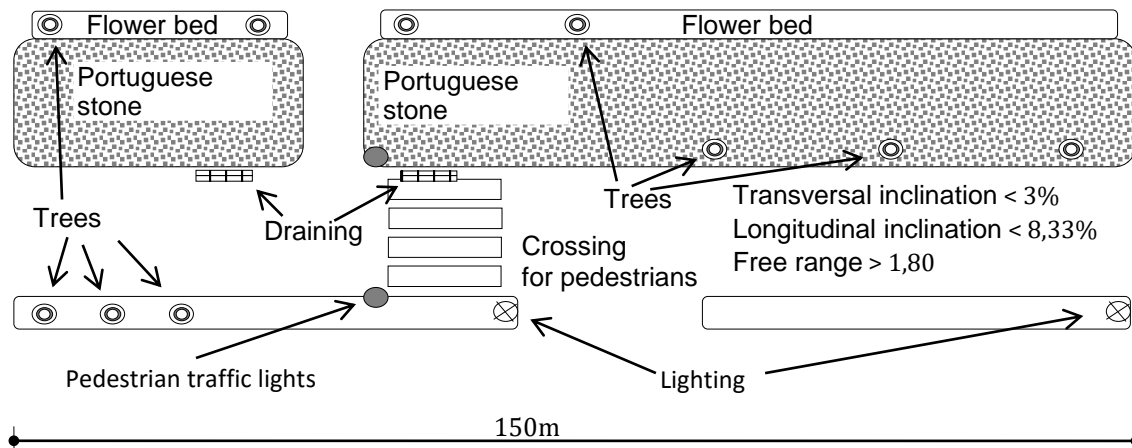


Figure 2. Quality indicators in a 150m segment of Pasteur avenue, Rio de Janeiro.
 Source: Own authorship.

The indicators taken into account upon assessment of the sidewalks on Pasteur avenue, in the segment comprised between the General Tiburcio square and the UNIRIO University, with the respective scores shown in Table 2, resulted in 11 points for the minimum safety criteria, 17 points for the minimum comfort criteria and 4 points for the minimum accessibility criteria. The management criteria did not score.

Table 2– Social Index for Sidewalk Quality applied on Pasteur avenue, Rio de Janeiro.

Criteria	Indicator	Punctuation
Minimum security	Non-slip floor	Portuguese stone
	Signaling	Crossing
		Pedestrian traffic lights
	Lighting	3 to 5 lux
	Total	11
Minimum comfort	Free lane	Above 1.80m
	Permeability	Worksite
		Manhole or gutter in segments shorter than 100m
		Draining floor
	Urban forestry	Abundant cultivation
	Marking	Absence
	Interferences	None
	Total	17
Minimum accessibility	Longitudinal inclination	Less or equal to 8.33% (1:12)
	Transversal inclination	Less or equal to 3%
	Sidewalk abasement	Absence
	Elevated lane at crossing	Absence
	Total	4
Management	Conservation	Well-preserved sidewalk
		0

Source: Own authorship.

These partial results are plotted onto the graph in Figure 3, with the score on conservation marked on the axis of ordinates, indicating the degree of urgency for conservation interventions, and the total score of each criterion in the abscissa axis, indicating the level of need for medium and long term actions related to the project.

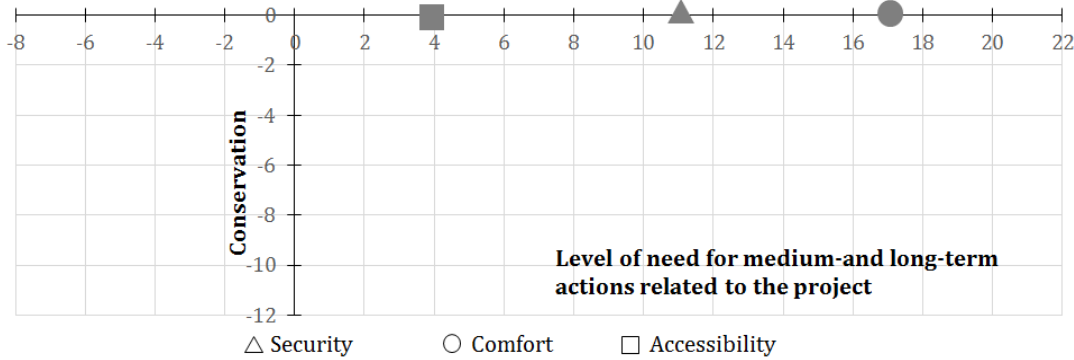


Figure 3. Criteria levels for set up of the sidewalk project for Pasteur avenue, Urca, Rio de Janeiro
 Source: Own authorship.

The scores in Table 2, when inserted into equation 1, allowed the calculation of the normalized value of SQSI between 0 and 1. The conservation level of the sidewalk (management criteria) participates in the calculation as a reduction factor because it will always be negative when non-zero.

$$SQSI = \left(\frac{11 + 3}{30} + \frac{17 + 11}{30} + \frac{4 + 2}{10} + \frac{0 + 25}{25} \right) / 4 \quad (2)$$

$$SQSI = (0.47 + 0.93 + 0.6 + 1) / 4 = 0.75$$

The final result for SQSI indicates that the assessed sidewalk is overall in good conditions. Nonetheless, the analysis of each portion of equation 2 reveals that the level of project design in relation to safety criteria (0.47) is inferior to others, while the sidewalk project for Pasteur avenue received close attention in terms of comfort (0.93).

5. CONCLUSION

Sidewalks can be considered an indicator of human development, with consideration of sustainability in the concept of urban mobility. The Social Index for Sidewalk Quality (SISQ) was introduced in this work aiming at serving as a tool for municipal public administrations to diagnose and monitor the quality of urban sidewalks.

The index has been set-up based on several indicators pertaining to the social and institutional dimensions, and with their estimate possibly being extended to also comprise the environmental dimension (use of low-carbon materials including considerations of life cycle, new building techniques, etc.) and the economic dimension (availability of adequate manpower for construction and maintenance of sidewalks as Portuguese stone lining, for example, requires specifically trained professionals; materials with extended useful lifetime; low power consumption on maintenance of sidewalks; etc.).

SISQ is easy to understand and to be applied. It can be a very useful tool to exercise good governance in public maintenance service, because citizens can help the public manager to diagnose and monitor the conservation of sidewalks in Brazilian cities.

REFERENCES

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1990. NBR 12255 – Execução e utilização de passeios públicos – procedimento. 6p.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2012. NBR 5101 – Iluminação pública - procedimento, 35p
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2015. NBR 9050 – Acessibilidade a edificações: mobiliário, espaços e equipamentos urbanos, 148p.
- BRANDÃO, A. Oliveira, 2016. *Mobilidade urbana no Rio de Janeiro: o caso do bairro de São Cristóvão*, Rio de Janeiro-RJ. Dissertação de Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental. Departamento de Engenharia Civil. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. RJ.
- BRASIL. 1997. Lei 9.503 - Código de Trânsito Brasileiro.
- BRASIL, 2016. Ministério das Cidades. SEMOB - Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana. www.cidades.gov.br.
- CARVALHO FILHO, J. S. 2010. *Manual de Direito Administrativo*. Rio de Janeiro. Editora Lúmen Juris.
- CORTES, Soraya Vargas. Efetividade das Instituições Participativas no Brasil: estratégias de avaliação in: *Efetividade das instituições participativas no Brasil: estratégias de avaliação*/ organizador: Roberto Rocha C. Pires. Brasília: Ipea, 2011.
- FERREIRA, M. A. G; Sanches, S. P. 2001. Índice de Qualidade das Calçadas-IQC. *Revista dos Transportes Públicos*. São Paulo. 91(23): 47-60.
- GONDIM, M. F. 2001. *Transporte Não Motorizado na Legislação Urbana no Brasil*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- GUIMARÃES, G. S. 2012. *Comentários à Lei de Mobilidade Urbana – Lei 12.587/12: essencialidade, sustentabilidade, princípios e condicionantes do direito à mobilidade*. Belo Horizonte. Editora Fórum.
- KEPPE JR, C.L.G. e FERREIRA, M. A. G. 2008. Formulação de um indicador de acessibilidade das calçadas e travessias. *Revista Pós*, São Paulo 15(24): 144 – 161.
- NOVO, J.M.F. 2003. *Apreciação ergonômica da auditoria de obras públicas*. Tese de Doutorado em Engenharia de Produção – COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.
- RIO DE JANEIRO. 1988. Lei municipal 1.350. <http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/2140265/4157128/Lei1.350decalçadas.pdf>
- RIO DE JANEIRO. 2012. Decreto municipal 36.459.
- RIO DE JANEIRO. 2015. Plano de Mobilidade Urbana Sustentável. www.rio.rj.gov.br/web/pmus/
- SÃO PAULO. 2016. Especificações técnicas de calçadas. www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/calçadas
- SILVA, L. 2008. Panorama do Pensamento Urbanístico na Cidade do Rio de Janeiro ao Longo do Século XIX, *Revista do Mestrado de História*, Editora Universidade Severino Sombra, Vassouras, 10: 205-232.



Índice de qualidade de calçadas: Em cidade média

Vanessa Tibola da Rocha

Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Passo Fundo (RS), Brasil

vanessat.rocha.arq@gmail.com

Luciana Londero Brandli

Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Passo Fundo (RS), Brasil

brandli@upf.br

Rosa Maria Kalil Locatelli

Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Passo Fundo (RS), Brasil

kalil@upf.br

Pedro Pietto

Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Passo Fundo (RS), Brasil

pdmp@upf.br

Cristiane Tiepo

Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Passo Fundo (RS), Brasil

cristianetiepo@yahoo.com

ABSTRACT: O aumento dos níveis de engarrafamento, a preocupação com a saúde pessoal e com o meio ambiente tem alterado o cenário da insustentabilidade nas cidades. Nesse sentido, as viagens a pé começam a ser consideradas alternativas para os deslocamentos urbanos. O objetivo deste trabalho é apresentar o diagnóstico do índice de qualidade das calçadas em uma cidade de médio porte no Rio Grande do Sul. A metodologia analisou sete indicadores de qualidade das calçadas (segurança, manutenção, largura efetiva, seguridade, atratividade visual, permeabilidade e acessibilidade). O levantamento de campo foi realizado com 370 residentes da área de estudo. Em seguida, a avaliação técnica nos quarteirões de estudo (16 quarteirões) quantificou o índice final de qualidade das calçadas na área urbana da cidade de Passo Fundo – RS, sendo o índice classificado como muito ruim (G – 1,92). Por fim, melhorar o índice de qualidade das calçadas nas cidades, como um todo, é fundamental para ampliar a caminhabilidade e a sustentabilidade no ambiente urbano.

Palavras-chave Calçadas, cidades, sustentabilidade, indicadores, caminhabilidade.

1. INTRODUÇÃO

Caminhar é o meio mais saudável e natural de transporte urbano, pois não polui o meio ambiente, além de ser conservador energético. Por esses motivos, o ato de caminhar é uma importante alternativa para os processos de planejamento e mobilidade urbana (Burden, 2001). Nesse sentido, é necessário que a infraestrutura das calçadas seja adequada, segura, confortável, sem riscos e convidativa ao andar a pé.

No entanto, caminhar pelas calçadas, na maioria das cidades brasileiras, é expor-se ao perigo de atropelamento por veículos, à possibilidade de sofrer uma queda, à humilhação de ser assaltado, ao desprazer de ser assediado por vendedores ambulantes e a outras situações inconvenientes (Ferreira & Sanches, 2001a).

As cidades são feitas para pessoas e estas primordialmente precisam movimentar-se. Há necessidade de que as cidades tenham calçadas e que sejam projetadas de acordo com a sustentabilidade e acessibilidade urbana vale para todos: jovens, adultos, crianças, idosos e portadores de restrições (deficiências) permanentes ou temporárias (Mobilize, 2012).

As calçadas, quando analisadas sob seus diversos aspectos, refletem a qualidade do planejamento urbano e servem como uma estratégia de estímulo à integração social, exercendo funções de convívio, lazer, circulação, trabalho, dentre outras, contribuindo ainda, para a caracterização do desenho urbano (Cavalero et al., 2013).

O ambiente de pedestres quando não planejado, apresenta inúmeras restrições de acesso, tais como: falta de acessibilidade, buracos, irregularidade, obstáculos, entre outras características que dificultam o andar pelas calçadas no ambiente urbano, ampliando assim, o uso do veículo particular (Frackelton et al., 2013).

Conforme a NBR 9050 (2004) a calçada é: “uma via de acesso contínua, sem obstáculos trajetória com sinais ligando ambientes externos ou espaços internos e edifícios, os quais podem ser utilizados de forma autônoma e com segurança por todos, incluindo as pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida”.

O objetivo deste trabalho é apresentar o diagnóstico do índice de qualidade das calçadas em uma cidade de médio porte no Rio Grande do Sul. Os resultados evidenciam a fragilidade da legislação municipal ao que se refere à implantação e fiscalização das calçadas no ambiente urbano da cidade de Passo Fundo.

2. O AMBIENTE URBANO E A CALÇADA

O desenvolvimento de uma cidade não deve ser compreendido apenas como a distribuição de edifícios ao longo de um território, originando funcionalidade e condições de crescimento econômico. O desenho urbano deve ser também, resultado da produção voluntária, pela qual todos os indivíduos deixam sua contribuição com o espaço urbano, obedecendo aos métodos e às legislações determinadas pelos governantes (Del Rio, 1990).

Nesse sentido, as calçadas são espaços públicos urbanos importantes para a circulação de pedestres. Ainda, essas deveriam ser lugares agradáveis, destinados à prática de caminhada, por todos os seus usuários, durante o exercício de quaisquer atividades relacionadas ao cotidiano ou não. No entanto, ao longo do último século as calçadas têm

sido transformadas em espaços cedidos tanto aos automóveis como a outros usos indevidos, desestimulando o andar a pé pelas cidades (Guerreiro, 2009).

Diante disso, torna-se relevante aplicar ferramentas para avaliar a qualidade das calçadas. Nesse sentido, o índice de qualidade das calçadas (IQC) mede a disponibilidade e a qualidade desta infraestrutura no meio urbano. Ainda, é importantíssimo para qualquer cidade apresentar um IQC favorável, pois esses resultados traduzem o bom desempenho das relações homem e cidade (Ferreira & Sanches, 2007b).

Os residentes urbanos deslocam-se diariamente através de seus esforços (sem o uso do sistema motorizado), utilizando o sistema viário disponível (passeios, calçadas, calçadas, passarelas, ciclovias entre outras) e se as condições do sistema forem favoráveis e acessíveis há uma tendência de que os deslocamentos na cidade aumentem e com isso a seguridade seja potencializada pela presença de outros pedestres (Frackelton et al., 2013).

2.1 A calçada como via de acesso à cidade

O processo de caminhar é uma atividade dupla da consciência humana. A primeira, o exercício físico (o ato) e a segunda a percepção de qual caminho seguir (Pacheco, 2016). Nesse sentido, a concepção de qualquer calçada deve partir de indicadores de sustentabilidade, tais como: acessibilidade, segurança, manutenção, facilidade de circulação (sem obstáculos), sem risco de assaltos (seguridade), boa atratividade visual e permeabilidade.

A calçada é a infraestrutura urbana que conecta espaços no território. Portanto, são indispensáveis às cidades e devem ser adequadas maximizando seu potencial de uso. Além disso, o que termina a caminhabilidade por uma calçada são os fatores de percepção e segurança que o pedestre irá encontrar ao longo do percurso (Pacheco, 2016).

Conforme levantamento realizado pela Associação Nacional de Transporte Público (ANTP) em 2012, dos 93,3% dos deslocamentos realizados no Brasil, 36,8% são realizados a pé, 29,1% por transporte coletivo e 27,4% por automóveis. Nesse sentido, as caminhadas são alternativas de deslocamento no território urbano e, por isso, precisam ser executadas e incentivadas para que o índice de deslocamentos no território aumente.

A infraestrutura urbana é composta por um conjunto de sistemas que integram planejamento urbano, resíduos sólidos, energia e mobilidade urbana, juntos garantem a vida nas cidades. Nesse contexto, a calçada é, também, uma infraestrutura urbana e está diretamente vinculada às questões de mobilidade urbana (Frackelton et al., 2013).

A calçada é legalmente considerada parte da "via pública" e, é a infraestrutura que garante o acesso ao ambiente urbano. Na maioria das cidades brasileiras, a execução do passeio público é de responsabilidade do proprietário do lote limítrofe podendo esse, juntamente com os governos locais, ser responsabilizado por lesão física resultante da falta de manutenção e irregularidade na infraestrutura (Ferreira & Sanches, 2007b).

3. METODOLOGIA

A metodologia para avaliação dos espaços para pedestres descrita nesse trabalho propõe que o nível de serviço seja determinado através do índice de qualidade das calçadas - IQC (Ferreira & Sanches, 2001a). Na definição deste índice são incluídos indicadores que

caracterizam o ambiente das calçadas (segurança, manutenção, largura efetiva, seguridade, atratividade visual, permeabilidade e acessibilidade), ponderados de acordo com a importância atribuída a eles pelos usuários.

Nesse sentido, desenvolve-se em três etapas a metodologia de avaliação do índice de qualidade das calçadas: a primeira etapa é constituída pela avaliação técnica dos espaços para pedestres, com base em indicadores de qualidade, atribuindo-se a pontuação correspondente, que varia de 7 (melhor qualidade de serviço) a 0 (menor qualidade de serviço). Já, a segunda etapa do trabalho é dada pela ponderação desses indicadores de acordo com a percepção dos usuários (grau de importância atribuída a cada indicador), de acordo com o Quadro 1.

OBS: Dê sua opinião, identifique o grau de importância dos indicadores enumerando de 1 a 7 as características que você considera muito importante na calçada.	
O MAIS IMPORTANTE É:	
(.....)	Uma calçada onde não haja perigo de atropelamento.
(.....)	Uma calçada que ofereça uma pavimentação adequada e uniforme.
(.....)	Uma calçada livre de obstáculos.
(.....)	Uma calçada onde não se corra o risco de ser assaltado.
(.....)	Uma calçada em local agradável, limpa e com vegetação.
(.....)	Uma calçada permeável (que não acumula água).
(.....)	Uma calçada acessível (com piso tátil e rampas).

Quadro 1. Sistema de pontuação. Fonte: Adaptado pelo autor de Ferreira; Sanches, 2001a.

A avaliação final do ambiente para os pedestres é obtida através do IQC, calculado pela equação, a seguir (Ferreira, Sanches, 2001a).

$$IQC = psS + pmM + pleLe + pseSe + pavAv + ppP + paA \quad (1)$$

Onde:

S, M, Le, Se, Av, P, A representam, respectivamente, a pontuação obtida na avaliação técnica pelos aspectos de segurança, manutenção, largura efetiva, seguridade, atratividade visual, permeabilidade e acessibilidade.

E, ps, pm, ple, pse, pav, p, a representam, respectivamente, os fatores de ponderação dos aspectos de segurança, manutenção, largura efetiva, seguridade, atratividade visual, permeabilidade e acessibilidade.

A Tabela 1 mostra o nível de serviço correspondente a cada faixa de índice de qualidade.

Índice de qualidade	Condição	Nível de serviço
7	Excelente	A
6 a 6,9	Ótimo	B
5 a 5,9	Muito bom	C
4 a 4,9	Bom	D
3 a 3,9	Regular	E
2 a 2,9	Ruim	F
1 a 1,9	Muito ruim	G
0 a 0,9	Péssimo	H

Tabela 1. Faixas de índices de qualidade e níveis de serviço. Fonte: Adaptado pelos autores de Ferreira & Sanches, 2001a.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados coletados sobre a percepção dos usuários em relação às calçadas (370 questionários) foram tabulados e submetidos a procedimentos estatísticos simples (Tabela 2). Desta forma, o nível de importância foi obtido a partir da média total de pontos obtidos em cada indicador pelo número de respondente.

Indicador	Ordem de importância para os entrevistados							Nº total de pontos	Nível de importância
	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º		
Segurança	60	59	74	67	56	33	21	1.293	3,49
Manutenção	33	33	32	44	62	72	94	1.771	4,78
Largura efetiva	14	36	47	61	55	90	67	1.755	4,74
Seguridade	47	58	71	49	65	44	36	1.413	3,81
Atratividade visual	39	64	57	46	50	51	63	1.519	4,10
Permeabilidade	35	45	47	63	55	61	64	1.607	4,34
Acessibilidade	140	80	42	38	25	21	24	997	2,69

Tabela 2. Distribuição do nível de importância atribuída aos indicadores de qualidade das calçadas. Fonte: Rocha, 2016.

Em seguida, identificou-se o peso de importância atribuído a cada indicador, sobre a ponderação de um ponto. Invertendo-se a escala e a distribuição dos pontos em ordem crescente (FERREIRA; SANCHES, 2001). Conforme Tabela 3.

Indicador	Ordem de importância para os entrevistados							Nº total pontos	Peso de importância %
	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º		
Segurança	60	59	74	67	56	33	21	1.667	0,16
Manutenção	33	33	32	44	62	72	94	1.189	0,11
Largura efetiva	14	36	47	61	55	90	67	1.205	0,12
Seguridade	47	58	71	49	65	44	36	1.547	0,15
Atratividade visual	39	64	57	46	50	51	63	1.441	0,14
Permeabilidade	35	45	47	63	55	61	64	1.353	0,13
Acessibilidade	140	80	42	38	25	21	24	1.936	0,19
Peso									1

Tabela 3. Distribuição do peso de importância atribuída aos indicadores de qualidade das calçadas (%). Fonte: Rocha, 2016.

A Figura 1 apresenta a posição de cada indicador de acordo com o nível de importância na escala e, entre parênteses, a ponderação (peso) obtida para cada indicador de estudo.

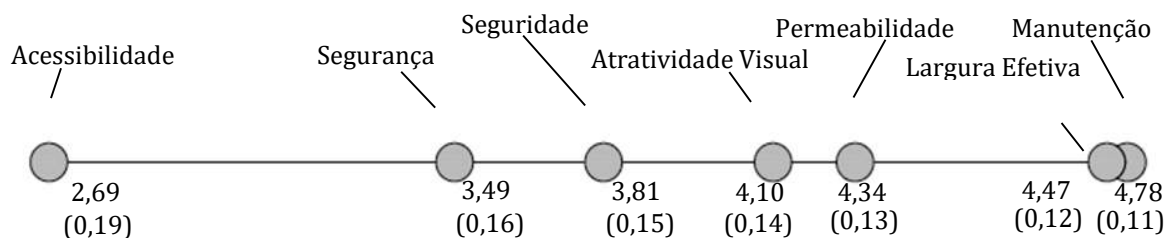


Figura 1. Posição dos indicadores na escala e, entre parênteses, a ponderação obtida. Fonte: Rocha, 2016.

Conforme a escala (Figura 1) para a população amostral (cidade de Passo Fundo) dois indicadores destacam-se dos demais: a acessibilidade e a manutenção. Isso significa que, de acordo com a percepção dos entrevistados, o indicador acessibilidade (2,69) é

relativamente mais importante que os demais. Em posição intermediária aparecem segurança (3,49), seguridade (3,81), atratividade visual (4,10) e permeabilidade (4,34). Em posição significativamente de menor importância em relação aos demais, aparece o indicador de largura efetiva (4,74) e, como menos importante, a manutenção (4,78).

O IQC combina a pontuação da avaliação técnica com a ponderação da percepção dos usuários quanto aos indicadores, tendo sido aplicada para cada uma das quadras selecionadas representativa de cada um dos 16 setores urbanos.

A soma dos sessenta e quatro índices das quadras avaliadas aleatoriamente, nos dezesseis quarteirões de estudo, e dividido pelo mesmo montante (64) permitiu identificar o atual índice de qualidade das calçadas para a área urbana de Passo Fundo, sendo este o equivalente a 1,92, o que corresponde ao IQC muito ruim (G).

O Setor 08 foi dentre todos os setores o que apresentou o pior IQC (Péssimo – H) correspondente a 0,53. Isso porque, as condições diagnosticadas da infraestrutura (calçadas) eram precárias (vias vicinais).

Por outro lado, o Setor 09 foi dentre todos os setores avaliados, o que apresentou o melhor IQC (Regular – E) correspondente a 3,32.

A metodologia aplicada mostrou-se adequada. Ainda, convém mencionar que pelo IQC considerar tanto a avaliação técnica quanto a percepção dos usuários/moradores, as expectativas e as ponderações em relação aos indicadores tiveram variações. Por isso, no caso da gestão pública, há necessidade de considerar não apenas o IQC, mas igualmente a avaliação técnica, pois há padrões mínimos de qualidade técnica, caminhabilidade ou acessibilidade que devem ser considerados nos parâmetros para o projeto e a execução de calçadas mais sustentáveis. Por fim, os resultados levantados por esta pesquisa, já eram esperados. Isso porque, infelizmente, na grande maioria das cidades brasileiras as calçadas são “esquecidas” pela gestão pública cabendo aos proprietários executá-las sem critérios de padronização, o que é agravado pela falta de fiscalização.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A maneira de integrar o espaço urbano com seus indivíduos é por meio das suas infraestruturas. Nesse sentido, a calçada é o suporte de conexão entre espaço público e privado. Por isso, deve primeiramente existir em toda a área urbana, uma vez que, são as calçadas responsáveis por delimitar o percurso permitindo aos transeuntes caminhar tranquilamente sem adentrar à via dos veículos.

A escala dos níveis de importância revela a percepção dos entrevistados, os quais apresentam maior preocupação com a acessibilidade e a segurança nas calçadas. Desse modo, evidencia-se que há consciência frente a importância das calçadas no meio urbano. Porém, faltam iniciativas para alterar a realidade do índice de qualidade das calçadas na área de estudo.

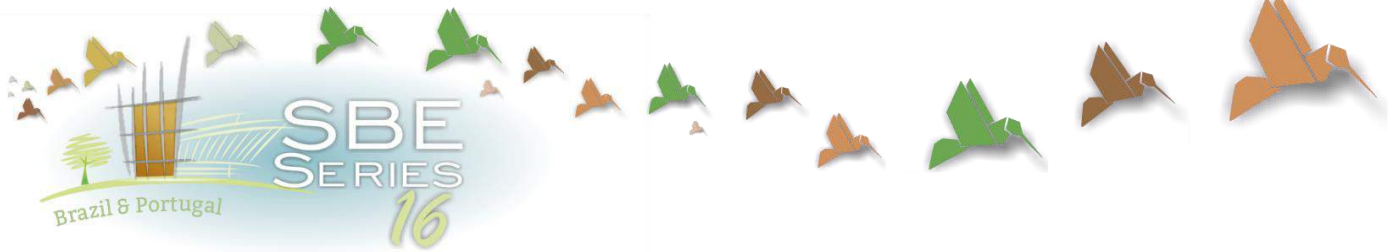
Nesse sentido, apresentar um bom e elevado IQC é indispensável para qualquer cidade que tenha como foco o desenvolvimento sustentável. O índice de qualidade das calçadas – IQC – obtido para a cidade de Passo Fundo pode ser considerado preocupante, uma vez que não se mostrou favorável, equivalente a 1,92, o que corresponde ao IQC muito ruim (G).

A precariedade da infraestrutura das calçadas foi evidenciada em diferentes bairros. Identificaram-se situações de descaso e irregularidades nas calçadas até mesmo na área central. No entanto, nos bairros mais afastados do centro da cidade a situação das calçadas é lamentável, muitas vezes não se fazendo presente.

Portanto, será necessário que a gestão pública desenvolva formas alternativas de aprimoramento desta infraestrutura, tais como cartilhas para a padronização das calçadas, além de promover a fiscalização efetiva, a manutenção e a inserção de acessibilidade e sustentabilidade às calçadas já existentes, melhorando assim o IQC da cidade e, por consequência, tornando-a mais atrativa aos habitantes locais.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9050: 2015 - Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Disponível em: <<http://www.ufpb.br/cia/contents/manuais/abnt-nbr9050-edicao-2015.pdf>>. Acessado em: 05 ago. 2016.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTE PÚBLICO – ANTP. Sistema de Informações da Mobilidade Urbana Relatório Geral 2012. Disponível em: <http://filesserver.antp.org.br/_5dotSystem/download/dcmDocument/2014/08/01/CB06D67E-03DD-400E-8B86-D64D78AFC553.pdf>. Acessado em: 25 mar. 2016.
- Bowman, B.; Vacellio, R. Pedestrian Walking Speeds and CONFLICTS at Urban Median Locations, *Transportation Research Record*, n. 1438, p. 67-73, 1995.
- Burden, Dan (2001). *Building Communities with Transportation. Distinguished Lectureship Presentation*. Transportation Research Board - TRB, Washington, D. C.
- Cavalaro, J.; Angelis, B. L. D.; Lemos, S. Nível de serviço e qualidade das calçadas. II SEURB - Simpósio de Estudos Urbanos: A dinâmica das cidades e a produção do espaço. Disponível em: <http://www.fecilcam.br/anais/ii_seurb/documentos/cavalaro-juliana.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2016.
- Del Rio, V. Introdução ao desenho urbano no processo de planejamento. São Paulo: Pini, 1990.
- Faria, C. A. Percepção do usuário com relação às características do nível de serviço do transporte coletivo por ônibus. 1985. *Dissertação (Mestrado em Infraestrutura Urbana)*. Universidade Estadual de Santa Catarina, Santa Catarina, 1985.
- Federal Highway Administration - FHWA (1999). Designing Sidewalks and Trails for Access - Part 1- Chapter 4a - Sidewalk Design Guidelines and Existing Practices. www.fhwa.dot.gov/environment/bikeped/publications.htm. Accessed 5 aug. 2016.
- Ferreira, M; Sanches, S. 2001a. Índice de Qualidade das Calçadas – IQC. *Revista dos Transportes Públicos*. São Paulo, 2001, v.01, n. 91, p. 47-60.
- Ferreira, M; Sanches, S. 2007b. Proposal of a sidewalk accessibility index. *Journal of Urban and Environmental Engineering*, v.1, n.1 (2007) 1-9.
- Frackelton, A.; Grossman, A.; Palinginis, E.; Castrillon, F.; Elango, V.; Guensler, R. (2013) Measuring Walkability: Development of an Automated Sidewalk Quality Assessment Tool. *Suburban Sustainability*: Vol. 1: Iss. 1, Article 4.
- Guerreiro, P. J. M. *Adequação de calçadas e travessias às condições mínimas de acessibilidade: um procedimento para estimativa de custos de serviços e obras*. São Carlos: UFSCar, 2009.
- Guilford, J. P. (1950). *Fundamental statistics in psychology and education*. McGraw- Hill Inc., New York.
- Mobilize. Levantamento calçadas do Brasil, São Paulo, p. 1, 2012. Disponível em: <<http://www.mobilize.org.br/midias/pesquisas/calçadas-do-brasil---relatório-inicial--abril->>. Acesso em: 05 mar. 2016.
- Pacheco, P. Os atributos da caminhabilidade. Disponível em: <<http://thecityfixbrasil.com/2016/01/21/os-atributos-da-caminhabilidade/>>. Acesso em: 05 mar. 2016.
- Rocha, V. T. Indicadores de planejamento urbano sustentável para o Rio Grande do Sul: foco na acessibilidade – RS. 2016. 207 f. *Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental)*, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2016.



A Sustainable Mobility Index to Assess the Public Transport Quality in the City of Rio de Janeiro

Alexandre de Oliveira Brandão

Professional Master in Urban and Environmental Engineering, Pontifical Catholic University of Rio de Janeiro – RJ, Brazil

alobrandao66@gmail.com

Jean Marcel de Faria Novo

School of Accountability and Management of the Court of Accounts of the State of Rio de Janeiro, Brazil

jeanmfn@gmail.com

Celso Romanel

Pontifical Catholic University of Rio de Janeiro, Department of Civil Engineering, Rio de Janeiro – RJ, Brazil

romanel@puc-rio.br

ABSTRACT: Nowadays issues related to the conditions of urban mobility in the largest Brazilian cities become quite important. Particularly in Rio de Janeiro there are some serious structural challenges to overcome: overcrowding and difficult access to bus stations, subway and trains; inadequate traffic signaling system and traffic congestion provoked by a great number of single-occupant vehicles. This article aims to analyze the actions that the municipal government could promote to improve urban mobility. How and for what reasons a city that has heavily invested in several modes of transport in the last years still has problems in these services? This question is discussed from two points of view: the legal framework available to the government for development of public transport policies and the use of a Sustainable Mobility Index (SMI), proposed in this research as a tool for assessment of the public transport quality. Specifically, the SMI is used to study the case of the VII Administrative Region of the City of Rio de Janeiro (São Cristóvão and neighborhood districts), an area selected due to the multiplicity of urban occupation (housing, education, sport facilities, leisure infrastructure, health services, trade companies, industries, many connections to other districts) and its privileged geographical situation near downtown, with several access routes forming a great potential for intermodal logistics. A correct use of such good features depends basically on government decisions and public investment but, as put in evidence by the SMI calculation, São Cristóvão still suffers from the faulty planning of Rio de Janeiro transport system.

Keywords *Public Transport System, Sustainable Urban Mobility, Sustainable Mobility Index, São Cristóvão District, Rio de Janeiro*

1. INTRODUCTION

The city of Rio de Janeiro has a wide range of urban transportation system. Subway, trains, buses, bike paths, cable cars and water transportation. Recently, these modes have been awarded with public investments, with expansion of the subway, modernization of railways, construction of dedicated lanes for buses and bicycle paths and the number of boats for the water transport has also increased. However, the improvement in the quality of urban mobility is not perceived by the population. Traffic jams, overcrowding of the public transport and poor services are parts of the public transport difficulties. This article analyzes the case of the São Cristóvão District (VII Administrative Region of the City of Rio de Janeiro), from the perspective of sustainable urban mobility using an index which includes social, environmental, economic and institutional dimensions. This area, that comprises the neighborhood districts of Benfica, Mangueira and Vasco da Gama, has a good transport capacity (train and subway) and also features several bus lines that make connection to several regions of Rio de Janeiro and nearby cities. The Administrative Region possesses several urban equipment, such as public parks, hospitals, shopping malls, leisure infrastructure, museums and educational institutions.

2. URBAN MOBILITY

The expression urban mobility has been often used, in many and distinct ways. The popularization of the term is positive, because the debate does not end within the government, but it also helps to involve ordinary citizens with problems that affect everyone, regardless the social class. However, the trivialization of this expression may have a negative aspect as well, especially when authorities treat urban mobility according to very simplified strategies. The improvements in urban transport tend to fail when deployed without a serious planning of the transport system and without the awareness and participation of the people directly affected.

In a survey conducted in several European cities (Eurforum, 2007), many problems about urban mobility were raised and the challenges ahead in the future. Despite the differences between these cities and the Brazilian ones, it seems that they all have similar concerns: uneven growth in transportation, huge traffic jams due to increasing use of private cars and imbalance between the transport modes, with harmful effects on the environment and public health by vehicles powered by fossil fuels.

The understanding of urban mobility in a systemic way is essential for a discussion about the subject. According to the Eurforum (2007), the goals to be pursued in the planning of sustainable urban mobility must be: accessibility, sustainability, integration of transport modes, public management, reduction of pollutant emissions and noise, road safety for all users of the transport system, cost control in order to establish a fair pricing system, taxation so that the transport infrastructure be associated with the shortage of a fundamental good, verification of quality standards in accordance with pre-established indicators and competition among transport system operators.

Such goals imply the efficiency of land use versus public transport planning, since both issues have influence on one another. According to Campos & Ramos (2010), both the

transport system can be an inducer of occupation of a given region, according to the land use conditions, and the land use can increase the use of public transport.

2.1 Legal Framework on Transport Planning

The Brazilian Constitution (Brazil, 1988) establishes the guidelines for the urban development policy, and hence the planning of public transportation, placing both under the responsibility of the cities. Following in the same direction, the City Statute (Brasil, 2001) is a federal law that enforces guidelines for development of city master plans and asks for mandatory preparation of urban transport plans in accordance with the population size of each municipality. The National Policy on Urban Mobility (Brasil, 2012) brought the most current tendencies on urban transport planning. At the state level (Brazil is subdivided into 27 states, each one with its own regional laws), in 2014 it has been launched the Master Plan for Urban Transport of the Metropolitan Region of Rio de Janeiro (PDTU RMRJ, SEAERJ, 2014), which outlines a diagnosis of transportation in the Rio de Janeiro metropolitan area and proposes some solutions for public transport in the region. At the municipal level, the Master Plan of the City of Rio de Janeiro (Rio de Janeiro, 2011) deals with the urban policy in the occupation of soil and land use, the planning of public transport and the connection between both issues.

3. THE VII ADMINISTRATIVE REGION (VII AR) OF RIO DE JANEIRO

The VII AR, especially the São Cristóvão District, currently lives an urban transformation that has been accompanied by academic studies due to its importance as a touristic and cultural center of Brazil. At the beginning of XX century, the region had many small industries but nowadays there are many buildings for residences and home of several trade companies. Despite these changes, the region has the same old problems since the municipal laws allow changes in the type of land use, but this change is not followed by the government itself. The recent modification in laws, through the Urban Structural Plan of the VII Administrative Region (Rio de Janeiro, 2004) and the Land Use and Occupation Law (Rio de Janeiro, 2013) introduced changes in kinds of land occupation and use in São Cristóvão and in the neighborhood districts, but there is no plan that could unite the land use and the public transport system.

4. METHODOLOGY

From the perspective of the urban sustainable mobility, this work analyses the actions implemented in the transport system of the city of Rio de Janeiro between the years 2010 and 2012. In that period, the city received many investments in urban transport, but the main question still remains: how the transport system, specifically in the VII AR, has evolved between 2010 -2012 from the perspective of urban sustainable mobility?

4.1 Indicator and Index for Sustainable Urban Mobility

According to Joumard et al. (2010), in the context of sustainable urban mobility, indicator is a variable based on measures that represent as accurately as possible a phenomenon needed to be checked. Thus, three aspects can be highlighted for a choice of an indicator:

a) what should be measured and what impact on what activity? b) why this phenomenon should be measured? c) how it should be measured?

Index, on the other hand, is a decision-making parameter (Briguglio, 2003) with the following objectives: establishment of goals, standards and focus in the discussion and dissemination of information, promotion of integrated actions, monitoring and evaluation of targets and results. Index is considered a higher level of aggregation of a set of indicators or variables. The Sustainable Urban Mobility Index (SUMI), proposed by Costa (2008), has been widely applied in several Brazilian cities for the evaluation of urban mobility. This index is based on a hierarchy of several criteria that characterize urban mobility, establishing a weighting system for the relative importance of the different component criteria, according to the local reality, but keeping its calculation easy to understand and to be applied. The SUMI may be regarded as a tool that encompasses nine fields such as accessibility, environment, integrated planning, etc., and thirty seven topics or subdivisions of each field (accessibility, for instance, may refer to the transport system, universal accessibility, physical barriers and laws for people with special needs). Machado et al. (2012) proposed a new version of a Sustainable Mobility Index (SMI), adapting the model suggested by Costa (2008) by considering the availability of data for the metropolitan region of Porto Alegre (31 cities) and the possibility to collect them on an annual basis.

4.2 A Sustainable Mobility Index for the City of Rio de Janeiro

According to Gudmundsson (2004), the adoption of an urban mobility index in the planning of a transport system can be used as a measure of the transport system performance and a calibration tool of that system as well. An economic advantage can also be considered, since the transport system itself feeds back important information for self-evaluation. The adoption of an urban mobility index would tend the system to be more efficient, reducing the social and economic impacts of poorly formulated and isolated plans.

Another aspect is worth to mention: democratization of information, since a systematic data collection, used as input for the urban mobility index, could be accessible for the entire population, a relevant information for the society as a way of transparent monitoring and evaluation of the public transport policies.

The purpose of using an urban mobility index in this study is to assess the current status of the public transport system in VII Administrative Region of the city of Rio de Janeiro, to diagnose its shortcomings and point out ways that could solve some existing problems. It should be noted that an index is a tool that may be used to achieve such objectives, but it is not intended to be seen as the ultimate (and unreachable) ideal solution. The proposed methodology is a dynamic one because of the nature of the continuous process to calculate the index. As new elements are introduced, previously adopted indicators are reviewed in order to adapt the methodology and to conform it to the new characteristics of the problem.

A constant evaluation of the process may introduce new indicators but also discard others of little relevance. The Sustainable Urban Mobility Index introduced in this work follows the general procedure suggested by Machado et al. (2012), but considers the institutional

dimension as a new field for the index calculation. The adoption of the institutional dimension has been suggested by Costa (2008), although not implemented by that author. The institutional dimension evaluates the existence of laws that encourage or require the integration of urban and transport master plans enforcing guidelines for a sustainable urban mobility.

5. CALCULATION OF THE SUSTAINABLE MOBILITY INDEX

The index considers four dimensions of sustainability: the social, economic, environmental and institutional ones. The typical characteristics of each dimension are the following: social dimension - information about conditions and changes of demography, public health, recreation and leisure, education, habitation, infrastructure and community services, community development, public security, situation of indigenous community and historic and archeological resources; economic dimension - information about conditions and changes of industrial production, commerce, services, fiscal and monetary data and human resources; environmental dimension - information about conditions and changes in the natural resources like soil, atmosphere, including climate and air quality, amount and quality of water, wild life and vegetation, natural reserves and habitats, mineral and metal resources and fossil fuels; institutional dimension - information about laws, technical standards, master urban plans and transport plans based on mobility principles; operational capacity of the public transport system and management tools, such as access to technical literature, expertise in preparation of projects, use of channels of communication with the users of the transport system.

5.1 Weights for the specific dimensions

Weights must be assigned to each dimension, according to criteria listed in Table 1.

Table 1. Weights for Dimensions of the Sustainable Mobility Index

Weight	Description
3	Very important, because it represents the actual conditions of sustainable urban mobility
2	Important, because it represents many conditions of sustainable urban mobility. Its main focus is in the conditions of the entire city
1	Not very important, because it represents few conditions of sustainable urban mobility

Once the weights have been assigned to each one of the four considered dimensions, these values are normalized within the range between 0 (zero) and 1 (one), so that the sum of the assigned weights results always equal to one (1). This normalization is accomplished by the weighted average given by equation 1 where SOC, ECO, ENV, INST refer to the social, economic, environmental and institutional dimensions, respectively.

$$\text{Normalized Dim. Weight } 1 = \left(\frac{\text{Assigned Weight to Dimension X}}{\sum \text{Assigned Weights to SOC, ECO, ENV, INST}} \right) \quad (1)$$

Table 2 shows the assigned normalized weights (Weight 1) for each one of the dimensions:

Dimension	Normalized Weights (Weight 1)
Social (SOC)	0,30
Economic (ECO)	0,20
Environmental (ENV)	0,20
Institutional (INST)	0,30

5.2 Topics and Indicators

The indicators were chosen according to their adherence to the concept of specific topics and the possibility of access to available public statistical databases (Table 3). The assignment of weights for each one of the topics (Weight 2) has been made in a manner analogous to that used for the dimensions, following the classification shown in Table 4 that depicts the local conditions of the existing transport system. The sum of the weights for the topics belonging to the same dimension must be equal to 1.

Table 3. Topics, Indicators and Evaluation Criteria

Topic: indicator	Evaluation Criteria (summary)
SOC1: Master Plan and urban laws	Forecasting of integrated planning regarding occupation of soil and land use with public transport. Public transport planning using the concepts of sustainable urban mobility.
SOC2: Accessibility	Level of accessibility to all means of transport and also the road system (access ramps to sidewalks, sidewalks suitable to all types of users, among other features).
SOC3: Public Transport Integration	Percentage of intermodal stations. Measures the interconnection between the modes of transport.
ECO1: Budget spent in transportation (tickets)	Measures the family budget percentage spent on transport tickets, related to the minimum monthly wage. Average ticket value per month / minimum monthly wage.
ECO2: Efficiency of Collective Public Transport	Measures the index for passengers per km of journey made in public transport. The higher the number, more efficient transport system is.
ECO3: Public Investments in Public Transport Sector	Public budget percentage of the municipality for investments in the public transport sector.
ENV1: Motorization Rate	Percentage of vehicles circulating in relation to the number of inhabitants.
ENV2: Consumption of Fossil Fuels	Measures the sale of fossil fuels (diesel and gas) in relation to the number of inhabitants.
ENV3: Infrastructure for non-motorized modes	Evaluation of existing infrastructure to bike transport (bike paths and similar, bike racks and appropriate facilities). It also evaluates existing conditions for walking (facilities, appropriate urban equipment, streets with sidewalks and trees). It also evaluates if the existing laws cover the subject and are applied to the locality.
INST1: Guidelines	Verifies if existing federal laws require that the cities prepare their Master Plans, which must be coordinated with the Transport Plans, and both must be prepared according to the principles of sustainable mobility.
INST2: Operating Capacity	Evaluates if Master Plan and Public Transport Plan were developed, and, if so, whether they are in accordance with federal laws.
INST3: Management Tools	Evaluation of four specific parameters to the management of transport systems: access to technical literature, preparation of projects, use of quality index and use of communication channel with the users of public transport.

Table 4. Calculation of index for each topic and desired directions

Theme	Normalized Values			Expected Tendency	Weight 2
	2011				
	2010	2011	2012		
SOC1: Master Plan and urban legislation	0.75	1.00	1.00	Increase	0.33
SOC2: Accessibility	0.25	0.75	0.75	Increase	0.33
SOC3: Integration of Public Transport	0.25	0.25	0.75	Increase	0.34
ECO1: Budget spent in transportation (tickets)	0.90	0.43	0.12	Decrease	0.29
ECO2: Efficiency of Collective Public Transport	0.08	0.76	0.76	Increase	0.29
ECO3: Public Investment on Public Transport Sector	0.81	0.08	0.69	Increase	0.42
ENV1: Motorization Rate	0.11	0.49	0.89	Decrease	0.29
ENV2: Consumption of Fossil Fuels	0.43	0.13	0.90	Decrease	0.29
ENV3: Infrastructure for non-motorized modes	0.00	0.25	0.25	Increase	0.42
INST1: Guidelines	0.25	0.75	0.75	Increase	0.20
INST2: Operating Capacity	0.00	0.25	0.25	Increase	0.40
INST3: Management Tools	0.33	0.33	0.33	Increase	0.40

5.3 Calculation of the Sustainable Mobility Index

Collected data are calculated in two different ways: the indicators ECO1, ECO2, ECO3, ENV1 and ENV2 are obtained using data acquired in the public data bank. These data are normalized in order to make meaningful the comparison between them. This process is achieved by calculating the average and the standard deviation of the data series. Once obtained, the data are normalized according to a normal distribution as given by equation 2:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{(2\pi\sigma^2)}} \exp\left\{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right\} \quad (2)$$

where μ is the average of collected data and σ the standard deviation.

For the indicators SOC1, SOC2, SOC3, ENV3, INST1, INST2 and INST3 rating scales were created for each one of them, according to criteria shown in Table 2. The evaluation grades start from 0, when any of the required conditions was fulfilled, to 1, meaning that all conditions were fully accomplished.

It is also necessary to assign a expected tendency to each one of the indicators, depending on specific characteristics. Some of them are expected to decrease, such as budget spent in transportation, motorization rate and consumption of fossil fuels while others, as accessibility and efficiency of public transport, should increase over time. Table 4 shows the values calculated for the indicators, the expected tendencies and the assigned weights.

A partial index calculation for every dimension is carried out multiplying the Weight 2 (Table 4) by the respective normalized values of the data series. For example:

$$\text{ISOC}_{\text{partial}} = \text{Weight 2} \times [(\text{SOC1} + \text{SOC2} + \text{SOC3})] \quad (3a)$$

$$\text{IECO}_{\text{partial}} = \text{Weight 2} \times [(-\text{ECO1} + \text{ECO2} + \text{ECO3})] \quad (3b)$$

$$\text{IENV}_{\text{partial}} = \text{Weight 2} \times [(-\text{ENV1} - \text{ENV2} + \text{ENV3})] \quad (3c)$$

$$\text{IINST}_{\text{partial}} = \text{Weight 2} \times [(\text{INST1} + \text{INST2} + \text{INST3})] \quad (3d)$$

A final index determination for every dimension is obtained multiplying these partial values (equation 3) by the corresponding Weight 1 (Table 2), as indicated by equation 4:

$$\text{ISOC} = \text{Weight 1} \times \text{ISOC}_{\text{partial}} \quad (4a)$$

$$\text{IECO} = \text{Weight 1} \times \text{IECO}_{\text{partial}} \quad (4b)$$

$$\text{IENV} = \text{Weight 1} \times \text{IENV}_{\text{partial}} \quad (4c)$$

$$\text{IINST} = \text{Weight 1} \times \text{IINST}_{\text{partial}} \quad (4d)$$

The Sustainable Mobility Index (SMI) is then given as the following sum (equation 5),

$$\text{SMI} = \text{ISOC} + \text{IECO} + \text{IENV} + \text{IINST} \quad (5)$$

The SMI values for the VII Administrative Region of Rio de Janeiro were the following: 0.342 for the year 2010, 0.498 for the year 2011 and 0.550 for the year 2012. As can be observed, the index has increased over those three years, reflecting some improvements in the public transport system, but it also emphasizes that the major value of 0.550 is still very low with respect to maximum possible value of 1.

6. CONCLUSION

There has been a mismatch between the improvements that are being implemented in the city of Rio de Janeiro and what has been done in many parts of the world in terms of sustainable urban mobility. There are some important topics that are not usually included into government plans such as integration of the transport modes, favoring non-motorized means of transport, infrastructure that allows cycling or walking safely and warning signals to keep pedestrians safe.

The suggested Sustainable Mobility Index (SMI), herein adapted to the reality of the city of Rio de Janeiro, highlights the growing motorization rate (indicated by topic ENV1) and the increasing consumption of fossil fuels (pointed out by topic ENV2), but it can encompass much more valuable and relevant information to be used in the development of public transport policies. The incorporation of an urban mobility index is necessary not only to assess the evolution and performance of a transport system, but also to control and bring it back to a well-planned route.

The city of Rio de Janeiro has many elements that may be explored to achieve a good urban planning, such as technical knowledge, legal framework and the existence of several modes of transport, especially in the VII Administrative Region. However, what population gets is the consequence of poor designed plans, with occurrence of daily traffic jams, overcrowded buses and subways cars, difficulties in accessibility, among other complaints. The large amount of bus lines circulating in the region, many with overlapping

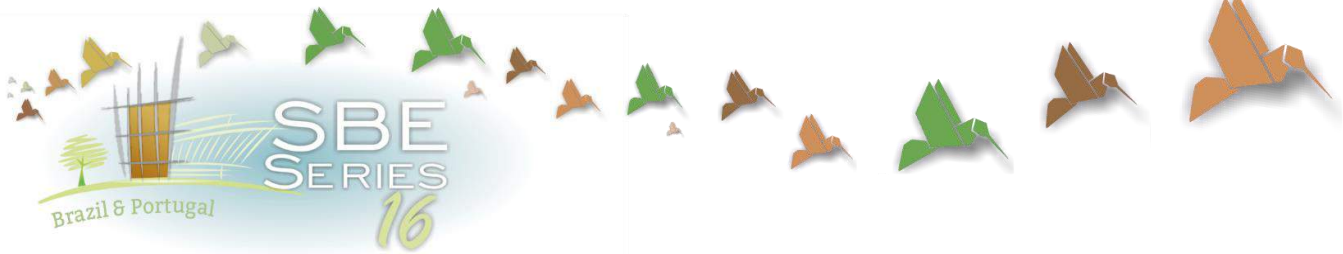
routes and lack of an efficient integration between other transport modes, are facts that can be observed every day.

The absence of a Master Plan for Urban Transport, including all the precepts of sustainable urban mobility, can be considered as the biggest problem of the public transport sector in the city of Rio de Janeiro, as well as in many other large Brazilian cities. Without a sound planning, there are no guidelines, targets or promises that could improve the transport system that the city population deserves.

REFERENCES

- BRASIL (1988). Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 05 de outubro de 1988. Available at <<http://www.planalto.gov.br>>. Access in January 10th, 2015.
- BRASIL (2001). Lei 10.257 de 10 de Julho de 2001. Estabelece diretrizes gerais da política urbana. Available at: <<http://www.planalto.gov.br>>. Access in October 4th, 2014.
- BRASIL (2012). Lei 12.587 de 03 de Janeiro de 2012. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF. 04 de Janeiro de 2012. Available at <<http://www.planalto.gov.br>>. Access in January 10th, 2015.
- BRIGUGLIO, Lino. (2003) The Usefulness of Sustainability Indicators. Available at <https://www.um.edu.mt/_data/assets/pdf_file/0010/63865/Usefulness_sustainability_indicators_lino_briguglio.pdf>. Access in November, 9th, 2014.
- CAMPOS, V.B.G; RAMOS, R.A.R. (2010). Proposta de indicadores de mobilidade urbana sustentável relacionando transporte e uso do solo. Disponível em <[http://aquarius.ime.eb.br/~webde2/prof/vania/pubs/\(21\)INDICADORES.pdf](http://aquarius.ime.eb.br/~webde2/prof/vania/pubs/(21)INDICADORES.pdf)>. Access in January 30th, 2016.
- COSTA, Marcela da Silva (2008). Um Índice de Mobilidade Urbana. Available at: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18144/tde-01112008-200521/pt-br.php>>. Access in July, 13th, 2014.
- EURFORUM (2007), Draft paper State of the Art of Research and Development in the Field of Urban Mobility. *The European Research Forum for Urban Mobility* (EURFORUM). Available at <http://www.emta.com/IMG/pdf/SoA_FinalDraft_160207_FINAL.pdf>. Access in September 29th, 2014.
- GUDMUNDSSON, Henrik (2004). Sustainable Transport and Performance Indicators. *Issues in Environmental Science and Technology*. Available at <http://orbit.dtu.dk/fedora/objects/orbit:22485/datastreams/file_981cc12d-1a6a-4a0c-94b6-6ecf0e650669/content>. Access in June, 14th, 2015.
- JOUMARD, Robert, GUDMUNDSSON, Henrik (2010). Indicators of environmental sustainability in transport. INRETS, pp 442, Available at <<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00492823/document>>. Access in November 9th, 2014.
- MACHADO, Laura; DOMINGUEZ, Emilio Merino; MIKUSOVA, Miroslava (2012). Proposta de Índice de Mobilidade Sustentável: Metodologia e Aplicabilidade. Available at <<http://revistas.pucsp.br/index.php/metropole/article/view/14821/10815>>. Access in January, 13th, 2015.
- OLIVEIRA, Dayana Aparecida Marques (2012). Acessibilidade: Vantagem locacional ou direito? 2012. Available at <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:rODNYz-5zAEJ:e-revista.unioeste.br/index.php/geoemquestao/article/download/5012/4941+&cd=5&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>. Access in January, 30th, 2016.
- RIO DE JANEIRO (Município) (2004). Lei Complementar 73 de 2004. Institui o PEU São Cristóvão, Projeto de Estruturação Urbana dos bairros componentes da VII Região Administrativa-São Cristóvão/UEP 05 (São Cristóvão, Mangueira, Benfica e Vasco da Gama) – PEU-SC. 19 de Abril de 2013. Available at <<http://mail.camara.rj.gov.br>>. Access in December, 12th 2014.
- RIO DE JANEIRO (Município) (2011). Lei Complementar 111 de 2011. Institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Sustentável do Município do Rio de Janeiro, 2011. Available at <<http://mail.camara.rj.gov.br>>. Access in December, 12th, 2014.
- RIO DE JANEIRO (Município) (2013). Projeto de Lei Complementar 33/2013. Lei de Uso e Ocupação do Solo – LUOS. Define as condições disciplinadoras de uso e ocupação para ordenamento territorial da Cidade do Rio de Janeiro. Available at <<http://mail.camara.rj.gov.br>>. Access in December, 10th, 2014.

SEAERJ (2014). Plano Diretor de Transporte da Região Metropolitana do Rio de Janeiro – PDTU. Agosto, 2014. Available at <<http://www.seaerj.org.br/pdf/PDTUSEAERJ.pdf>>. Access in April, 20th, 2015.



Infrastructure for accessibility at university campus

Adriana Gelpi

University of Passo Fundo, Course of Architecture and Urbanism, Faculty of Engineering and Architecture, Passo Fundo (RS), Brazil
agelpi@upf.br

Rosa Maria Locatelli Kalil

Univ University of Passo Fundo, Course of Architecture and Urbanism, Faculty of Engineering and Architecture, Passo Fundo (RS), Brazil
kalil@upf.br

Wagner Mazzeto de Oliveira

University of Passo Fundo, Course of Architecture and Urbanism, Faculty of Engineering and Architecture, Passo Fundo (RS), Brazil
111919@upf.br

Nelita Pretto

University of Passo Fundo, Course of Architecture and Urbanism, Faculty of Engineering and Architecture, Passo Fundo (RS), Brazil
134338@upf.br

ABSTRACT: Accessibility is an important part of the urban mobility public policy and it requires specific infrastructure in the road network. Public roads as well as school spaces demand technical adaptation. This work presents the UPF Accessible Project whose objective is to adapt the campus infrastructure for better assist its users, mainly disabled people who find difficulty to access places. The urban design project adapted began in July 2013 and consists of students and a team of representatives from many sectors. It was divided into various stages: critical points; lack of accessibility; physical study of the local; topography analysis; road problems; measurements of the area and case studies, besides a study of norm ABNT NBR 9050:2004. Later, a redesign project of sidewalks and local roads began. With relation to the results obtained, the implementation process of the necessary modifications inside the campus has been occurring according to the plan. Among the improvements already implemented are the sidewalks, bus stops, raised crossings and intersections, where all project follows the norms. This experience shows the feasibility of adapting spaces, meeting the legal requirements and promoting the visitors and students' citizenship.

Keywords *Accessible sidewalks, Use of technical norm, Accessibility Project.*

1. INTRODUCTION

According to the Brazilian Association of Technical Norms (ABNT NBR 9050, 2004), accessibility is "the condition for the use, with safety and autonomy, total or assisted, of urban equipment and furnishing spaces, buildings, transportation services devices, systems and communication means and information by a physically disabled person or whose mobility is limited". The objective of this paper is to present the challenges and possibilities of the infrastructure adaptation Project of Campus I of Passo Fundo University (UPF) in order to adapt it to the conditions and reality of the urban area of the university providing universal accessibility to its users, mainly those whose mobility is limited. Based on a bibliographic and legislation research, an accessibility diagnosis was carried out in the urban space and open areas of the Campus, proposing guidelines for its implementation or qualification.

Campus I of UPF, conceived in the mid-twentieth century and built outside the urban area of Passo Fundo city, organized the implementation of its university infrastructure gradually, with no urban project and master plan for future expansions. Vehicle traffic was prioritized rather than the pedestrians' and universal accessibility to the buildings was completely ignored in its urban surroundings and interior.

Urban mobility and universal accessibility are issues related to the citizen's right to come and go and are directly related to the right of a full urban life. In this sense, barriers that limit or prevent the access, freedom of movement, safe traffic and the possibility for people to communicate or having access to information cannot be accepted.

In the context of the growing urban expansion and differentiated displacements, the importance of implementing infrastructure grows even more potent in order to make mobility feasible. New requirements need to be incorporated to the Project guidelines practice, which did not exist before, must be included in the architecture and urban party, and to works of art.

In relation to the legislation, the Federal Constitution of 1988, defines "the law shall determine norms of construction of public places and buildings of public use and manufacturing of public transportation vehicles, in order to guarantee adequate access for disabled people" (Brasil 1988: 31). In 2000, Laws 10.048 and 10.098 also establish different treatment and general norms and basic criteria for the promotion of autonomous accessibility of disable people to buildings, urban spaces, furniture and equipment. Both were regulated by Federal Decree 5.296 of December 2nd 2004, with deadlines for the adaptation of buildings to the norms of accessibility of NBR 9050 2004.

It is in this context that it is included the problem of Passo Fundo University with its system of multiple campuses, that receive students, professors and the community for academic activities and university extension and services.

2. MATERIALS AND METHODS

The methodology of this research occurs in three stages. The first one, which is developed in an office, aims at collecting of information through bibliographic review of the universal accessibility norm, legislation and reference bibliography; case studies, data collection and

interview with the technicians of the sector of work and maintenance of the university for the recognition of the road system, traffic and flow of vehicles and pedestrians; organization of the urban implementation map of Campus I in sectors, in order to prepare the field survey with diagnosis of existent sidewalks and the recognition of at least one layout of accessible route. After the bibliographic research, there was an organization and elaboration of the Project with universal draw, standard models of accessible sidewalk, urban furnishing and works of art that were implemented in the accessible route and fitted to the reality diagnosed at the Campus.

The second stage occurs through the field survey: it counts on a survey of the sidewalks, traffic areas, areas of access and urban furnishing, with photograph record to diagnose the infrastructure available to the pedestrians traffic, analysing if it shows the requirements for universal accessibility; it was verified the lanes, sidewalks and pedestrian crossings conditions, measuring widths and observing whether or not spaces for the enlargement of circulations, inclusion of works of art and urban furnishing exist; observation, record and measurement of the vegetation that interfere in the sidewalks and that, possibly, could interfere in the accessible route.

The third stage, held in office, counts on the organization of the data collection, analysis of the information researched in field and the elaboration of diagnosis on the traffic and access spaces about the data surveyed. After that, a layout of accessible route, defined in loco, was carried out, containing a team discussion on the preliminary studies and subsequent elaboration of the urban Project and digital detailing of the works of art of the accessible route: pedestrian crossings, ramps, paths, downgrades, raisings and furnishing.

3. PRINCIPLES OF UNIVERSAL ACCESSIBILITY

3.1 Urban mobility

According to Herce (2009), the main objective of the urban mobility planning is to make people to walk on short dislocations, and to use public transportation for longer dislocations. But it is necessary to advance towards the idea of projects of urban development and territory organization that are linked and integrated to the use of the soil. Thus according to Navas (2010), contemporaneous urban problems, are due to, in their majority, the lack of comprehension of a territorial and urban planning that integrates mobility networks, or their plan, linked to the soil use.

In this sense, a planning that consider pedestrians, the use of bicycles, public transportation, private vehicles and the rational distribution of goods, searching for sustainable mobility, seen as the one that is accomplished within a determined period, with reasonable costs and minimizing the negative effects on the surroundings and peoples' life, would be well accepted. With relation to urban mobility and universal accessibility, it is observed a gradual advance towards the comprehension of this problem and implementation of public policies for the inclusion of this idea in the construction of urban infrastructure.

Urban infrastructure can be understood as the set of physical components necessary to the services which are important for a society in determined space and time. It is the set of lanes, networks and buildings that structure the territory of the town and provide public

services to the dwellers. In the case of the university campus, the infrastructure is consisted of road system, energy and communication networks, and education and management buildings. To Mascaró (1989), the road system can be formed by one or more traffic networks, according to the type of urban space, in order to receive vehicles (private and public), bicycles or pedestrians. Legislation and the improvement of technical norms have contributed significantly to this reality.

3.2 Universal Accessibility

To Duarte & Cohen (2010), accessibility is reached when the spaces are attractive, easy to cross, clear to understand, where they are spaces that make meeting and living easier, and it will only be reached from the urban attitude that re-evaluates the notion of deficiency, thus the spaces are not good enough when they do not suit all people.

Accessibility became a contemporaneous challenge, where elimination of architecture and urban barriers are necessary in the cities, buildings, urban surroundings, communication and transportation. It also can be understood as the citizen's right to come and go, including those people who are occasionally or permanently disabled.

Spaces must allow traffic and access to all spaces in the city such as public buildings, institutions, use of transportation, public equipment and urban furniture like telephones, restrooms, banks net, booths, seats, water dispenser, etc. Important and priority, it is in the approach of architecture, urbanism and urban mobility through universal draw, accessible, creating a city which is within every citizen's reach, whether they are disabled or not, democratizing all spaces, seeing the universal draw as the ability to communicate and integrate everybody.

3.3 The inclusive school, the universal design and accessibility

In relation to teaching spaces, the school's role in social inclusion was incorporated to the educational system through the Guidelines and Basis Law of National Education (LDB), followed by the federal constitution of 1988, where it was reinforced in Education seminars and meetings, reaching priority and progressive theme detailing in the late decade of 1990. With the LDB n° 9.394/1996, the inclusion of physically or intellectually disabled student was improved beyond the Special Education, recommending his or her enrolment, preferably, in their own public regular teaching net.

According to Duran & Esteves (2010), from the 2000s, in response to legal requirements, to the public power inspection and the society's own demand, school buildings began to be designed and adapted, meeting the norms of NBR 9050, trying to guarantee accessibility to all environments. Thus it is undeniable that an accessible environment qualifies the performance and production of activities, mainly when it comes to school activities.

In the schools, universal design becomes a tool for the equalization for opportunities in the development of all students. To Cruz & Pires (2010), the promotion of accessibility is a Project attribute, which must contain the basic conditions for the promotion of access and permanence in all environment designed. But, besides this, it is very important that the conditions to make the school or any other space inclusive also consider the building surrounding, solving access and traffic, reducing or eliminating unevenness, searching for regular floors, providing visual, tactile and sound signalling, adapting environment and

furniture. As surrounding adaptations, pedestrians' crossing raised to the sidewalk level, when the traffic of people is higher than the vehicles, and sidewalks lowering with tactile signalling, when the inverse situation occurs. Parking spaces, embarking and disembarking must be signalled.

4. ADAPTATION OF CAMPUS I OF PASSO FUNDO UNIVERSITY

Passo Fundo is classified as a pole city in the northern state. It stands out as an important railroad intersection, strengthen the region of medium soybean producing properties and its economic development occurs mostly around productive arrangements of regional character, where the industry is linked to rural activities. It has a population of 190.000 inhabitants, with 780 km² territorial area and 50 km² urban area, being a pole city for more than 100 towns.

The central campus of Passo Fundo University is a regional educational pole, bringing into it vehicles from many towns of northern RS, from automobiles, buses and bicycles, besides vehicles for supply and load. Due to all these characteristics, this campus becomes a reference as an educational institution in the state, with around 14 thousand students, considering that 26 present disabilities (visual, hearing disabilities and wheelchair users). Counting on greater access and demand of students for college education and to the system of CAMPI of UPF, it came up the need for adapting spaces to the new demand of 21th Century, City Statute, Guidelines of Ministry of Education and universal accessibility, lacking greater attention to several legal and social requirements with relation to accessibility and democratization of public spaces and democratic teaching in the institution from these guidelines.

4.1 Definition on the accessible route of the path

In the diagnosis carried out by means of photograph survey, measurements and observation of flows the following situations were found: (a) with relation to accessibility of pedestrians: great flow of pedestrians and precarious crossings of vehicular routes; lack of accessible routes to the main educational and supportive spaces; ramps of accessibility with inadequacy in quantity, dimensioning and quality; large number of narrow sidewalks and forestation obstacles, besides excessive slopes. (b) with respect to vehicular mobility of pedestrians: flow of private vehicles from 4,500 to 6,000 per day; parking arranged in several places, but it is not enough; high flow of buses of public or private transportation, around 100 vehicles per day, concentration on the night shift; bus stops which are not adequate and do not have enough spaces to shelter users.

The adaptations were carried out based on Brazilian norms and legislations (Table 1), and practices applied in educational institutions and urban spaces (Cambiaghi 2010; Cohen and Duarte 2010; Ministry of Cities 2007; Herce 2009; Prado, Lopes and Ornstein 2010).

Table 1: Legal references and norms of universal accessibility and urban mobility

Brasil. 1988. <i>Constituição da República Federativa do Brasil</i> . Brasília: Imprensa Oficial.
Brasil. 2004. <i>Decreto nº 5.296 de 02 de dezembro de 2004</i> . Regulamenta as Leis 10.048 e 10.098. Brasília.
Brasil. 2000. <i>Lei nº 10.048, de 8 de novembro de 2000</i> . Dá prioridade de atendimento às pessoas que especifica e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília.
Brasil. 2000. <i>Lei nº 10.098, de 19 de dezembro de 2000</i> . Estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção de acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília.
Brasil. Ministério da Educação. <i>Portaria n. 3.284 de 7 de novembro de 2003</i> . Dispõe sobre requisitos de acessibilidade de pessoas portadoras de deficiências, para instruir os processos de autorização e de reconhecimento de cursos, e de credenciamento de instituições. Brasília.
Brasil. Lei n. 12.587 de 3 de janeiro de 2012. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana. Brasília.
MINISTÉRIO DAS CIDADES. <i>PlanMob: construindo a cidade sustentável</i> . Caderno de Referência para Elaboração de Mobilidade Urbana. Brasília: Ministério das Cidades, 2007.
MINISTÉRIO DAS CIDADES. <i>Política de mobilidade urbana sustentável</i> . Cadernos MCidades nº6. Brasília: Ministério das Cidades, 2004.
Associação Brasileira de Normas Técnicas 2004. <i>NBR 9050 de 31 de maio de 2004: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos</i> . Rio de Janeiro.
Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2005. <i>NBT 15320. Acessibilidade à pessoa com deficiência no transporte rodoviário</i> . Rio de Janeiro.
Passo Fundo. Prefeitura Municipal. <i>Lei complementar n. 38 de 12 de dezembro de 1995</i> . Dispõe sobre o acesso de deficientes físicos às dependências franqueadas ao público, nas edificações destinadas a órgãos e serviços públicos, estabelecimentos bancários, comerciais, de serviços sociais, recreativos, hospitalares e nos logradouros públicos.

With the diagnosis of the problems related to the lack of accessibility and the study of the current legislation in order to draw an mobility route with universal design, strategic points, which are going to be worked, were established, such as: ramps, raised crossings, bus shelter adapted, sidewalks, intersections and flow of vehicles (Fig. 1).

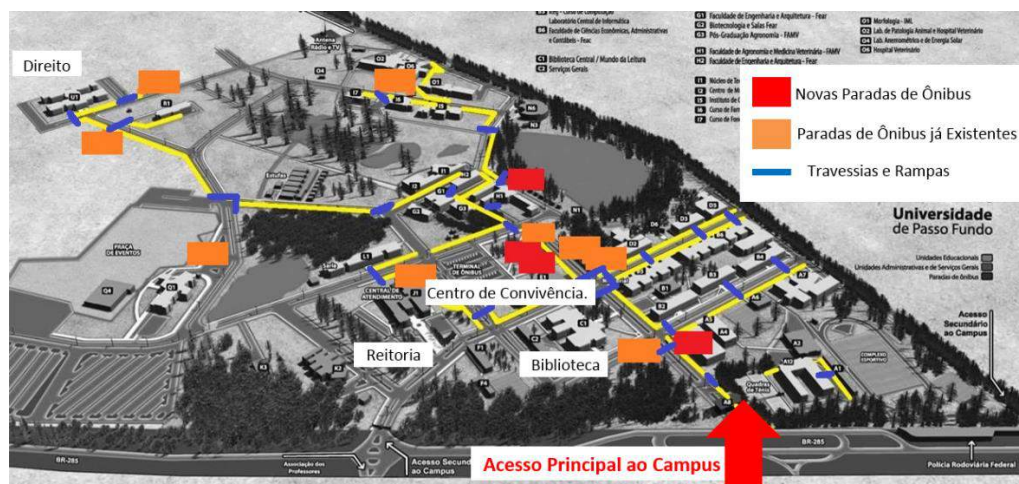


Figure 1. Main access to Campus I UPF.

In the initial stage it was prepared the proposal for implementation of an accessible route comprised of directional line upon and at least one side of the sidewalks already existent, along the campus, observing the norms related to sidewalks width, alert and directing podotactile floor, ramps slope and suitable paving in areas where there are more flow of pedestrians.

4.1.1 Ramps

According to the Brazilian Norm ABNT NBR 9050: 2004, the sidewalks must be lowered along with the pedestrian crossing lines whenever there is pedestrians flow. The sidewalks lowering must be built in the direction of pedestrians flow and presenting slope of 8.33%. The ramp minimum width accepted is 1.20 meters and the minimum recommended is 1.50 meters. In the case of raised crossing, the ramp must be as wide as the crossing line.

In Figure 3 left, the ramp showed various errors before the norm, such as inadequate slope, insufficient width, unevenness between the crossing and lowering, besides inadequate flaps slope and length. In figure 3 right, the ramp already modified presents necessary lowering, adequate signalling with podotactile floor, correct flaps width and slope according to the crossing.



Figure 3. Ramp before and after modifications. Source: Authors, 2015.

4.1.2 Sidewalk

According to the Brazilian Norm ABNT NBR 9050: 2004, sidewalks and pedestrian routes must have minimum width of 1.20 meters, but pedestrian crossings must present minimum width of 4 meters long or according to the flow of people. In the case of service crossings, the sidewalk must present the following dimensions of Figure 4:

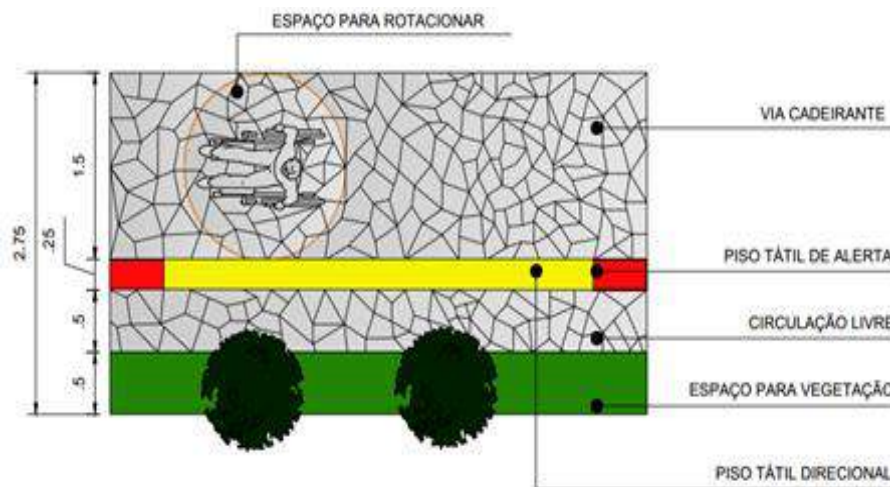


Figure 4. Sidewalk according to NBR 9050. Source: Authors, 2015

In Figure 5, the sidewalk is in the stage of implementation with of the local markings where the podotactile floor will be implemented. According to the image, the sidewalk does not present the minimum dimension recommended, then being necessary to enlarge the sidewalk.



Figure 5. Sidewalk before modifications and in the stage of the project implementation. Source: Authors, 2015.

4.1.3 Raised crossing

According to the Brazilian Norm ABNT NBR 9050: 2004, raised crosswalk is the increase of the path level, consisted of raised flat area, signalized with crossing line and ramp for vehicles crossing. It is addressed to promote balance between the levels of the sidewalks in both sides of the lane. Yet, it must present transversal slope of 3% maximum. The raised crossing must show minimum dimension of 4 meters width, being dimensioned according to the traffic of people in the local (Fig. 6).



Figure 6. Raised sidewalk before and after modifications. Source: Authors, 2015.

4.1.4 Bus shelter sites

The idea and the project of public spaces must plan access conditions and use by disabled people. According to the Brazilian Norm ABNT NBR 9050:2004, along with the accessible routes, together with traditional seats (fixed seats), spaces for wheelchair people must be planned, allowing their access to the embarkation platform. The local must contain tactile

embossed signalling, braille or embossed figures, but it is necessary to implement alert tactile floor (Fig. 7).

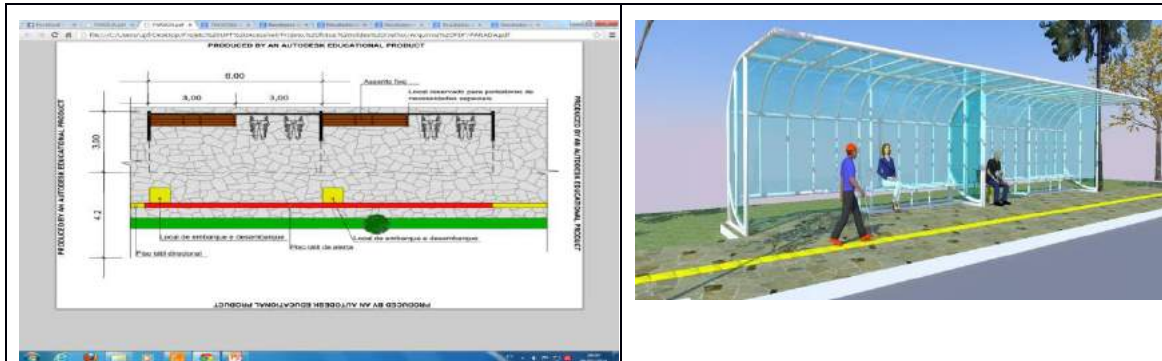


Figure 7. Bus shelter sites according to ABNT NBR 9050:2004 Source: Authors, 2015

With relation to urban furnishing, the existing project was revitalized, suggesting small adaptations like placing a seat, lateral protection in transparent polycarbonate and, of course, the planning of a local for wheelchair people. The sites are still being implemented

5. CONCLUSION

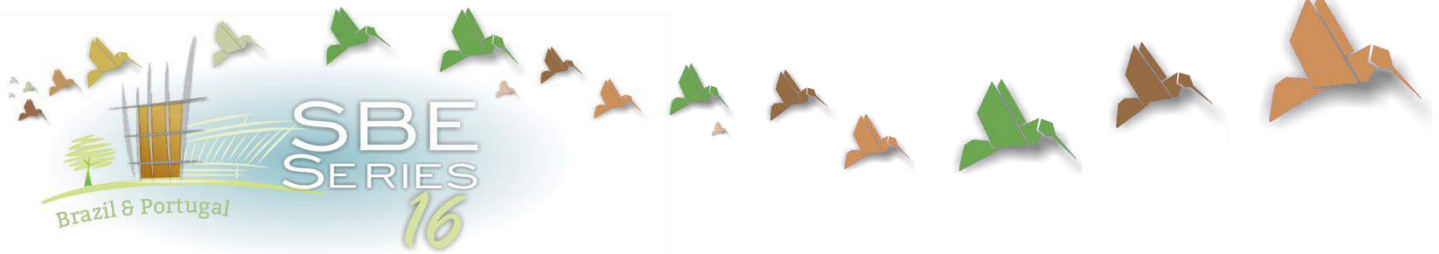
Universal accessibility must be present in all urban spaces, assisting the most diverse groups of society. With relation to school environments, the term inclusive school and the use of universal design become essential so that the search for knowledge may occur in such adequate manner. In relation to the implementation of an accessible route at Campus I of UPF, the authors report that many of the problems related to accessibility in the spaces studied could be avoided if there was concern by designers and work performers as for the elimination or “no creation” of physical barriers and in the promotion of continuous routes taking into account the universal design principles.

The implementation of technical norms has proved possible and suitable, but the greatest difficulty was the managers’s understanding that it is mandatory, where it is important to obtain the right to access the university campus with no urban and architecture barriers.

The authors emphasize that adaptations and improvements of routes or buildings in order to make them accessible are even more expensive than built them accessible, besides the fact of, very often, being impossible to fix. In this sense, it is important to consider accessibility in the architecture and urban infrastructure Project idea as being in the same relevance plan as the plastic, functional and structural factors are. As it was an adaptation in an existent space, detailed studies were necessary so that the interference was not significant and required more effective fewer resources in the application of the universal design, leading to new citizenship levels.

REFERENCES

- Associação Brasileira De Normas Técnicas. 2004. NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro.
- Brasil. 1988. *Constituição da República Federativa do Brasil*. Brasília: Imprensa Oficial.
- _____. 2004. *Decreto nº 5.296 de 02 de dezembro de 2004*. Regulamenta as Leis 10.048 e 10.098. Brasília.
- _____. 2000. *Lei nº 10.048, de 8 de novembro de 2000*. Dá prioridade de atendimento às pessoas que especifica e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília.
- _____. 2000. *Lei n. 10.098, de 19 de dezembro de 2000*. Estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção de acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília.
- Brasil. Ministério das Cidades. 2004. *Política de mobilidade urbana sustentável*. Cadernos MCidades nº6. Brasília: Ministério das Cidades.
- Brasil. Ministério das Cidades. 2007. *PlanMob: construindo a cidade sustentável*. Caderno de Referência para Elaboração de Mobilidade Urbana. Brasília: Ministério das Cidades.
- CAMBIAGHI, S. 2010. *Desenho universal: métodos e técnicas para arquitetos urbanistas*. São Paulo: SENAC.
- Cohen, R.; Duarte, C. R. 2010. Acessibilidade como fator de construção do lugar. In Prado, A. R. de A, Lopes, M. E, Ornstein, S. W. (org.) *Desenho Universal: caminhos da acessibilidade no Brasil*. São Paulo: Annablume.
- Cruz, M. B. L. De M., Pires, T. C. V. 2010. Adequação nas escolas do Rio Grande do Norte – projetando ambientes escolares como fator de inclusão social. In PRADO, A. R. De A, LOPES, M. E, ORNSTEIN, S. W. (org.) *Desenho Universal: caminhos da acessibilidade no Brasil*. São Paulo: Annablume.
- Duran, M. G, Esteves, R. G. 2010. Ações integradas para acessibilidade em escolas: um caminho para a inclusão. In PRADO, A. R. de A, LOPES, M. E, ORNSTEIN, S. W. (org.) *Desenho Universal: caminhos da acessibilidade no Brasil*. São Paulo: Annablume.
- Herce, Manuel. 2009. El derecho a la movilidad. In *Sobre la movilidad en la ciudad*. Propuestas para recuperar un derecho ciudadano. Barcelona: Reverté, S.A.
- Mascaró, Juan Luis. 1989. Loteamentos urbanos. Porto Alegre: Masquatro.
- Ministério Das Cidades. 2006. *Implantação de Sistemas de Transporte Acessíveis*. Programa Brasileiro de Acessibilidade Urbana – Brasil Acessível nº5. Brasília: Ministério das Cidades.
- Navas, Teresa. 2010 *¿Que es una via de comunicación?* A propósito de la movilidad y el territorio según Ildefonso Cerdà. In Fuster Sobreper, J. *La Agenda Cerdà*. Construyendo la Barcelona Metropolitana. Barcelona: Ajuntamiento de Barcelona, LUNWERG Editores, Institut Cerdà.
- PRADO, A. R. de A, LOPES, M. E, ORNSTEIN, S. W. (org.) 2010. *Desenho Universal: caminhos da acessibilidade no Brasil*. SP: Annablume.
- Santiago, Z. M. P., Taralli, C. H. 2010. Acessibilidade em escolas – experiências no Ceará. In PRADO, A. R. De A, LOPES, M. E, ORNSTEIN, S. W. (org.) *Desenho Universal: caminhos da acessibilidade no Brasil*. São Paulo: Annablume.



What is the most efficient type of transport for your city – Study case of rio de janeiro city

Frederico Delphino Fenerich

*Master of Science in Urban and Environmental Engineering, Braunschweig University of Technology
and Pontifical Catholic University of Rio de Janeiro (PUC-Rio), Rio de Janeiro (RJ) – Brazil*

fredfenerich@gmail.com

ABSTRACT: The main goal of this paper is a development theoretical reflection of types of public transportation vehicles like, Light Rail Train (LRT), Bus Rapid Transit (BRT) and Heavy Train to reduce the ratio of the Greenhouse Gases (GHG) emissions with the capacity of those vehicles at the cities and the ecological footprint each one of them release. The concept of urban mobility could support the cities to choose the most efficient type of transport for the place, because having a big vehicle does not matter this one is the most effective as to mitigate the green footprint of the city. The new technologies will support those vehicles to reduce the GHG emissions to transform the type of the transportation of the city into an efficient one. The cities developments are different, but have types and some similarities like, education level, industry, economy, environment and temperature, those topics could be used to ranking them in categories, supporting the creation of this guide. As a methodology this paper will compare how much carbon dioxide (CO₂) each vehicle release and measure the most sustainable transport for the transoeste carriageway area. To obtain a research as a result for the town hall or the governments states to management a sustainable and a small impact public transportation.

Keywords *Urban Mobility; Sustainable; Public Transportation; Greenhouse Gases, Transoeste and Transportation Management.*

1. INTRODUCTION

Using the city of Rio de Janeiro as a model, the geography, temperature, economic situation, the Olympic Games and the World Cup was a very good focus to develop and manage a research to help and support to build a public transportation and which is the most effective for each neighbourhood and how it is the better way to do those developments.

The way they do the construction and how the steps are made it, shows some mistakes the city, mayor and state government are doing to improve the urban mobility of the Rio de Janeiro city. With some strategies and thinks about goals not to how they could have more money and campaign status.

Cities consume three quarters of the energy produced in the world, the modern ones, mostly by consumption of land, energy, water and food, material flow, and also emissions of greenhouse gases, solid wastes, air and water pollution press a considerable pressure on the planet's natural environment (Zamba & Hadjbiros, 2007).

Now a days, different methods of qualifying the effects of human activities, one of them is ecological footprint or green footprint. The ecological footprint is an underlying philosophy of global demand on planets available land, thereby leaving a footprint on land (Agrawal et al., 2006). In other words, ecological footprint is used as a tool to calculate the environmental impact of human activities (Peters & Schouten, 2010).

After the research this work show each vehicle issue, and what is the best choice to build in a large area, with more than 500 million people.

1.1 Ecological footprint concept

Measure the footprint request different equivalence factors, because each place on earth have a singular aspect, make an easy equation have a many results. The averages of productivity in different land types are not the same, they need to be converted, using its corresponding equivalence factor in order to be expressed in global hectares (Schaefer et al., 2006).

$$Ftp = A * EF$$

where Ftp = footprint; A = area (hectares); and EF = equivalence factor.

1.2 Transportation footprint

A city is a complex and organized set that is constantly changing and evolving. This complexity and dynamism makes it necessary to have strategic planning based on accurate and updated data and information (Shayesteh, et al., 2014) (Table 1).

To calculate the ecological footprint of a city, different components can be considered: cropland, grazing land, marine and inland water, energy and build-up area (Ewing et al., 2010).

Know how much fossil fuels are spend in the city or country, it is an important value too, because with this value it is possible to measure contribute of carbon dioxide CO₂ on atmosphere, the predominant component of greenhouse gases emissions (Table 2).

Nowadays have some technologies we could use spending only renewable energy, like, solar, hydrogen and electrical energy. Using some of this fuels on transports can decrease the footprint drastically.

Table 1. Totals vehicles in each category, licensed in Rio de Janeiro

Vehicles	units
Auto	2.201.146
Bus/Minibus	36.388
Motorcycle	357.316
Pick-up	102.437
Trucks	221.003
Public trans.	9.063
Others	59.419

Source: Detran/RJ – April 2016

Table 2. Fuels consumed, in Rio de Janeiro on 2015

Vehicles	m ³
Gasoline	141.816.481
Alcohol	664.305
Diesel	21.864
Natural Gas	998.803

Source: ANP – April 2016

2. METHODS

2.1 Research background

For Rio de Janeiro transportation during those events and the near future the government choose basically buses on Bus Rapid Transit BRT, light rail and with a small contribute for a subway extension for the current track.

Calculate the footprint for the method above and compare with the possibilities for transportation could be more efficient and less degraded for the planet and the city itself. Those numbers could support better usage of the public transportation for big cities like Rio.

Highways can also be rated with respect to their maximum capacity and energy consumption, thus making it easier to compare them with rail as a related transportation mode, relative to cost and energy usage. A great deal of research and observation has resulted in the understanding that a multi-lane highway has a maximum capacity on the order of 2,400 vehicles per hour per lane (Transportation Research Board, SR #209, 1994. Apud Dearien, 2004 p. 4).

2.2 Overview of methodology

As methodology for calculate the ecological footprint this study will use a consolidated in some papers around the world. This one is from Chi & Stone, 2005. The methodology developed to calculate the ecological footprint of transportation networks is presented as a chart in Figure 1. As indicated by the figure, to approach consists of three principal steps: 1

estimating the physical footprint of the roadway network on the basis of the surface area of roadway paving; 2 estimating the energy footprint of the roadway network on the basis of the area of forest land required to sequester carbon emissions produced by network travel during one year; and 3 combining the land areas of the physical and energy footprints to derive an estimate of the total transportation footprint. To apply the methodology at the county or municipal level, information on average daily traffic counts, vehicle fleet composition, fuel efficiency rates by vehicle class, and roadway network design must be obtained from state departments of transportation. In addition, local rates of carbon sequestration may be adjusted with information from state departments of natural resources or other government agencies charged with forest management.

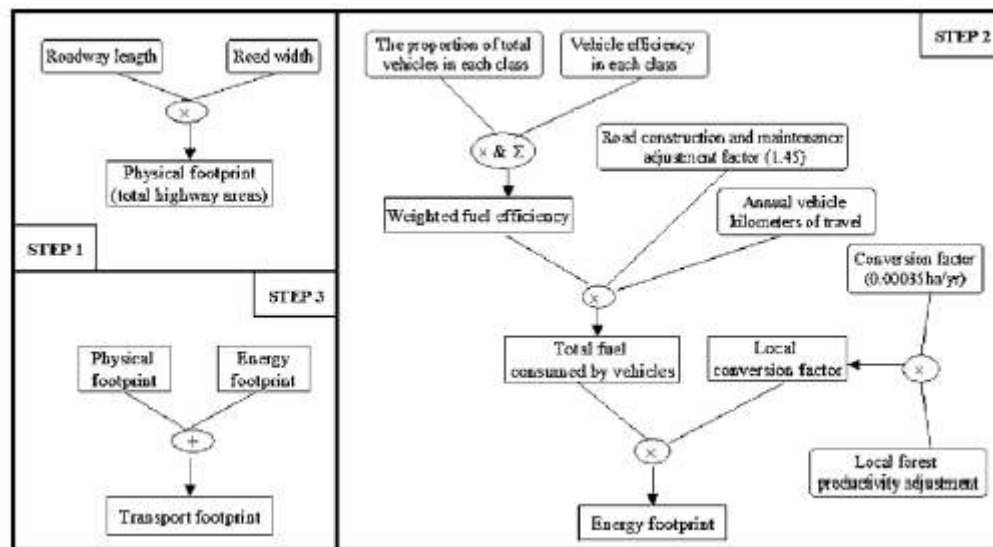


Figure 1. Methodology for estimating the ecological footprint of vehicle travel. Source: Chi & Stone, 2005

In the first step in the methodology, Step 1 in Figure 1, the physical footprint which is based on the physical dimensions of the roadway network is derived. Digital maps of the surface transportation network—which are available from a number of local, state, and federal agencies—can be analysed to measure the width and length of street segments in the regional roadway system. By summing the area of all roadway segments in a study region, an estimate of the physical footprint of the street network may be derived.

In the second step of the methodology, show as Step 2 in Figure 1, annual vehicle travel and vehicle fleet characteristics are employed to estimate the total quantity of fuel consumed in one year of travel along the network. In addition, the quantity of fuel consumed in constructing, allocated over the life of the network, and maintaining the roadway network is combined with that consumed in annual use to estimate the total quantity of fuel consumed per year of network operation. This estimate is multiplied by a carbon sequestration factor to estimate the area of forestland required to remediate the carbon dioxide emitted from each litter of fuel consumed in the operation of the transport network.

In the final step of the methodology, the physical and energy footprints are summed to derive the total transportation footprint, as indicated in Step 3 of Figure. 1. This estimate represents the total area of land required to physically support the transportation network and to sequester carbon dioxide emissions associated with the annual operation of the network. The derivation of the transportation footprint for present and past years provides

a basis for projecting the ecological impacts of regional transport systems into future time periods.

3. CASE STUDY: CALCULATING THE GHG IN RIO DE JANEIRO, BRAZIL

3.1 Transportation GHG emissions

Doing the basic calculation from the methods above it is possible to estimate how much GHG the BRT buses will produce for GHG on transoeste, at Americas Avenue, and with the same aspects could reach the GHG of a LRT or a train on the same way, show on Table 3.

The environmental aspects normally never came in the first topics with mayors, because never call for votes on the next election, the public transportation yes, but only with the lowest cost and with the way they suppose reach more people.

Table 3. Transportation GHG emissions

Modal	CO2/PM
BRT	0.77
Cars*	0.54
LRT	0.67
Train	0.52

*average for passenger cars

3.2 Results

After see those numbers it is easy to choose what is the best vehicle to choose and construct on those neighbourhood, the transoeste in 52km and with 220 thousand passengers per day, could be more, because the lecture buses only reach 5% of cars passengers and LRT could reach nearly 10% and a heavy train 20 to 25%.

The reduction of cars on the road decrease those emissions substantially, and promote the reduction of the traffic on highways and streets, transform the weather and the time spend stuck during the day.

This work shows, how the GHG emissions and the footprint demand for each type of transport evidence how the politicians on Rio thinking only on themselves not on the citizens, because if they use a bigger modal, like LRT they could support more people than the BRT and if build a surface train on the same way the benefits for the city was huge.

The costs of those types of transport are really important too, but if the area have demand for this kind of vehicle, the payback is in less than 10 years, in urban time lapse this period it is really short, and the next generations will be thankful for those infrastructures.

The heavy train was the best choice for the government to build in that area, because reach too much people, could reduce the traffic, the GHG emissions and make the daily travels less painful for those citizens.

4. CONCLUSIONS

This work shows, how the GHG emissions and the footprint demand for each type of transport evidence how the politicians on Rio thinking only on themselves not on the

citizens, because if they use a bigger modal, like LRT they could support more people than the BRT and if build a surface train on the same way the benefits for the city was huge.

The costs of those types of transport are really important too, but if the area have demand for this kind of vehicle, the payback is in less than 10 years, in urban time lapse this period it is really short, and the next generations will be thankful for those infrastructures.

Today the best usage on this way was cars, because the bus stops are really far from the buildings, the neighborhood was not thinking on pedestrians and walkability, only in cars with the huge condos and nothing else to attract the people. This kind of initiative demands more and more cars to support, because to buy anything for eating, drinking or utilities it is almost impossible to do walking.

The public transportation and the development of the city with the concepts of walkability and sustainability are important to build a better place for the citizens, the quality and the services with low emissions of GHG could improve this healthy quality become more pleasant and comfortable for everyone.

After all this research the heavy train was the best choice for the government to build in that area, because reach more people, could reduce the traffic, the GHG emissions and make the daily travels less painful for those citizens. According to that planning a new track for the subway the cars usage could reduce substantially making the city of Rio de Janeiro more softly, comfortable and sustainable posing as one of the best cities to live in the world.

REFERENCES

- Alexandre, R.W.C. 2014. *Bus Rapid Transit (BRT) e Mobilidade Urbana no Rio de Janeiro*. Programa de Engenharia de Transportes 2014 139-155.
- Chi, G. & Stone, B. 2005. *Sustainable Transport Planning: Estimating the Ecological Footprint of Vehicle Travel in Future Years*. Journal of Urban Planning and Development 170-180.
- Dearien, J.A. 2004. *Ultralight Rail and Energy Use*. Encyclopedia of Energy 1-12.
- Shayesteh, K. & Darani, K.M. & Ildoromi, A. 2014. *Estimating the Ecological Footprint of Transportation in the City of Isphahan (Iran)*. Current World Environment Vol.9(3) 760-767.



O Sistema Aeromovel como Proposta de Extensão da Linha 4 do Metrô do Rio de Janeiro (Barra da Tijuca)

Ricardo Atta Abrahão

Mestrado Profissional em Engenharia Urbana e Ambiental, PUC-Rio, Rio de Janeiro (RJ), Brasil, ricardoatta@terra.com.br

Fernando Luiz Cumplido Mac Dowell da Costa

PUC-Rio, Rio de Janeiro (RJ), Brasil, fmcdowl7@uol.com.br

Celso Romanel

PUC-Rio, Rio de Janeiro (RJ), Brasil, romanel@puc-rio.br

RESUMO: O Sistema Aeromovel é um meio de transporte automatizado em via elevada, de concepção brasileira, que utiliza veículos leves, não motorizados, sem condutores a bordo, necessitando de estruturas de sustentação esbeltas. Sua propulsão é pneumática, na qual uma corrente de ar é gerada por ventiladores centrífugos industriais de alta eficiência energética, conduzida através de um duto localizado dentro da via elevada. A pressão do ar atua sobre uma placa metálica, semelhante uma vela de barco invertida fixada por uma haste ao veículo, que provoca o movimento do mesmo sobre rodas de aço apoiadas em trilhos guia. No município do Rio de Janeiro, como parte do legado dos Jogos Olímpicos de 2016, a recém construída Linha 4 do Metrô ligará o bairro de Ipanema ao Jardim Oceânico na Barra da Tijuca, uma antiga reivindicação dos seus moradores. Nesse projeto, como extensão da Linha 4 ao Terminal Alvorada de ônibus, distante 6km pela avenida das Américas, optou-se pela continuidade do chamado trecho 0 da linha Transoeste do Sistema BRT que, certamente, não será suficiente para absorver os passageiros que utilizam o Metrô. Uma solução alternativa, que poderia ter sido avaliada, seria a ligação do referido trecho por veículos do Sistema Aeromovel, cuja economia e capacidade seriam certamente superiores as dos veículos BRT, além de apresentarem vantagens importantes nos aspectos de segurança, economia, eficiência e por não emitirem gases poluentes para a atmosfera.

Palavras chave Aeromovel; Via elevada; Propulsão Pneumática; BRT; Rio de Janeiro

1. INTRODUÇÃO

A pesquisa e o desenvolvimento de novas alternativas para melhoria do transporte urbano de passageiros têm aumentado em todo o mundo. O crescimento populacional e a maior dificuldade de inserção de novas linhas em espaços urbanos densos, providos de construções e equipamentos consolidados, tem forçado uma busca mais intensa de soluções inovadoras adequadas a esta realidade. Em vista dos novos enfoques e necessidades do transporte, a via elevada tem sido mundialmente considerada como uma nova forma ou opção de modalidade de transporte. A via elevada complementa as possibilidades de uma via subterrânea (metrô) e de vias a nível do solo (ruas, avenidas, ferrovias, ciclovias, etc...), se tornando, em muitos casos, em possibilidade única para evitar desapropriações ou demolições, sobretudo onde já não é mais possível melhorar ou revitalizar o transporte urbano, por falta de espaço físico no terreno ou devido aos custos, na maioria dos casos proibitivos, de vias subterrâneas.

O objetivo do presente trabalho é divulgar a aplicabilidade do sistema APM Aeromovel, meio de transporte urbano automatizado em via elevada, de concepção inteiramente brasileira, como alternativa de transporte urbano em grandes cidades brasileiras. O sistema vem sendo operado com sucesso por mais de duas décadas em Jacarta na Indonésia, com mais de 90.000.000 de passageiros transportados desde 1988, bem como no Brasil, na cidade de Porto Alegre, com mais de 1.500.000 de passageiros transportados desde sua entrada em operação em 2013. Em ambos os casos, sem quaisquer tipos de acidente.

Esse meio de transporte, por sua maior capacidade e regularidade, poderia então ter sido considerado como alternativa ao sistema BRT para ligação de 6km, inaugurada em agosto de 2016, entre a estação Jardim Oceânico, término da Linha 4 do Metrô do Rio de Janeiro, ao Terminal de Ônibus Alvorada, na Barra da Tijuca.

2. O AEROMOVEL

O Aeromovel é um meio de transporte 100% automatizado, sem condutores a bordo, movido por meio de propulsão a ar. É uma tecnologia de concepção nacional, inédita e exclusiva, patenteada e reconhecida em diversos países do mundo. Seu movimento é produzido a partir do impulso gerado pela compressão do ar atmosférico, devido à ação de ventiladores industriais de alta eficiência energética e baixa potência que, localizados junto às estações de passageiros, enviam o ar pelo interior da via elevada. A propulsão é pneumática, utilizando gradientes de pressão que se estabelecem no interior de um duto localizado na via elevada logo abaixo do veículo (Figura 1) e que movimentam o mesmo através do empuxo fornecido a um painel solidário ao veículo, semelhante a uma vela de barco invertida (Figura 2). A operação do veículo se beneficia da redução do peso-morto por passageiro transportado, uma vez que não tem motor embarcado. Comparado a qualquer veículo que se desloca sobre trilhos, o Aeromovel tem quatro vezes menos peso morto (razão entre a massa total do veículo vazio pela lotação máxima de passageiros) em relação à carga útil.

Trata-se de um meio de transporte não convencional classificado na categoria APM (*Automated People Movers*), que não veio para substituir os meios convencionais de

transporte, mas sim para complementá-los, pois atende ao transporte de massa de média capacidade (25 mil passageiros por hora) e se propõe alimentar o transporte-tronco de alta frequência, como o metrô.

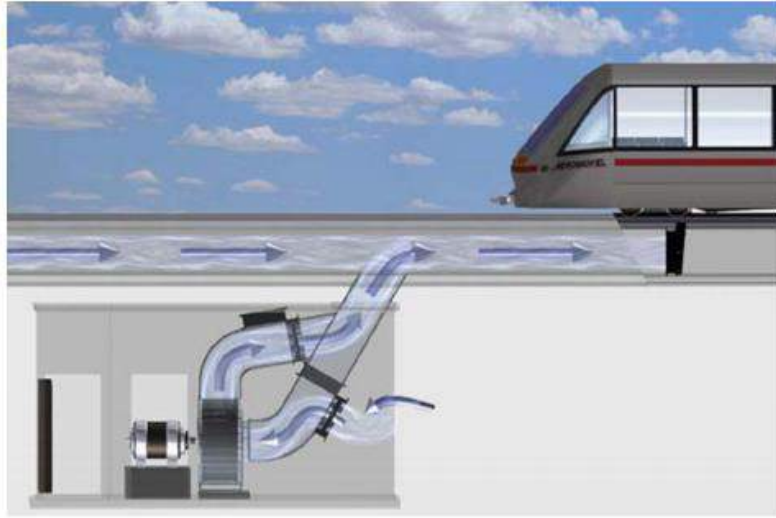


Figura 1 – Sistema de propulsão do aeromóvel (Coester, 2014).

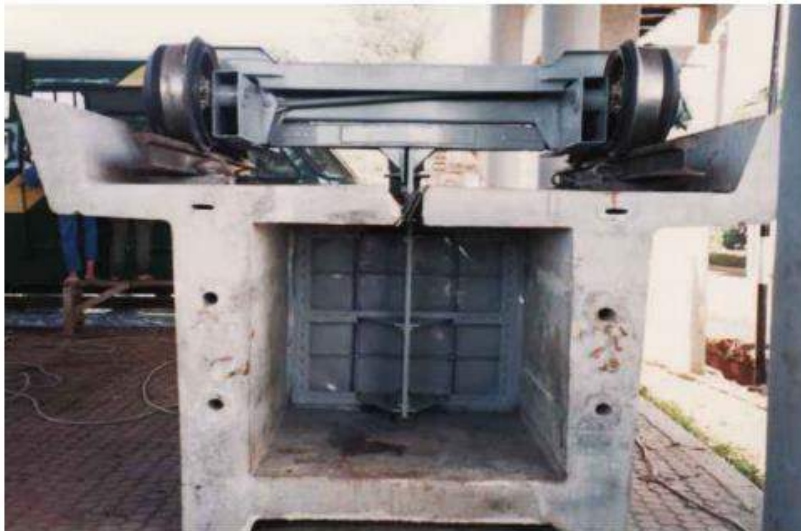


Figura 2 - Detalhe da vela invertida no interior da viga pré-moldada (Coester, 2014).

O vagão do Sistema Aeromovel foi projetado com a mesma bitola de 1,60 m em uso nos trens dos metrô do Rio e de São Paulo, com vãos de porta de 1,50m. Pode atingir velocidade máxima de 80 km/h, com capacidade de até 300 passageiros, sendo 100% mais rápido se comparado aos ônibus convencionais, em horário de trânsito, e cerca de 30% mais rápido em relação ao sistema BRT (*Bus Rapid Transit*).

O regime de demanda de potência e consumo energético é variável durante a operação do veículo em cada trecho. Quando o mesmo está parado na estação, o consumo é bastante reduzido, pois o motor apenas mantém o movimento do ventilador. Na fase de aceleração, a potência e o consumo vão gradualmente aumentando conforme o veículo atinge maior velocidade; quando esta se torna constante, a potência e o consumo energético baixam de intensidade, pois nesta fase o ventilador necessita fornecer apenas o fluxo de ar e pressão necessários para manter a velocidade do veículo. Na fase de desaceleração, até a efetiva

parada do veículo na estação, a energia cinética é suficiente para manter o movimento, possibilitando que o grupo motor-ventilador retorne o estado de consumo de energia mínimo. O veículo controla automaticamente a taxa de desaceleração através de um microprocessador de freio a bordo, garantindo também precisão na parada na estação.

Uma descrição mais detalhada do Aeromovel sob ponto de vista mecânico e operacional pode ser encontrada em várias publicações da literatura, dentre as quais Abs et al. (2016), Silva (2013), Kunz et al. (2011), Brito (2008), Perondi et al. (2008) e Rogers (1997).

2.1 Principais características

- a) Tecnologia inovadora, inventada e desenvolvida no Brasil
- b) Cadeia de suprimentos locais baseada em componentes industriais padrão (*off-the self*)
- c) Baixos custos de implantação
- d) Construção rápida em módulos de concreto pré-fabricados
- e) Via elevada esbelta e de baixo impacto visual
- f) Baixo consumo de energia por utilizar veículos leves
- g) Estações compactas, pequenos intervalos entre viagens
- h) Operacional em curvas fechadas (25m) e subidas íngremes (até 12%)
- i) Descarrilamento é impedido pela placa de propulsão que prende o veículo na via elevada
- j) Seguro contra colisões devido ao colchão de ar comprimido formado entre dois veículos
- k) Duplo sistema de frenagem (pneumático e de fricção)

2.2 Impactos ambientais

Sob o ponto de vista de impactos ambientais, o Aeromovel utiliza ar como fonte de energia para sua locomoção, não poluindo o ambiente. É extremamente silencioso, uma vez que as fontes de vibração (motores elétricos) encontram-se afastadas dos veículos, em módulos facilmente isoláveis com métodos tradicionais. O impacto da construção da via na paisagem urbana também é pequeno, pois os pilares e as vigas de sustentação são menos espessas do que as utilizadas por mon trilhos e também não há necessidade de muitas desapropriações de imóveis, como na construção de trechos de metrô ou BRT.

2.3 Conforto e segurança

Segurança é outro ponto positivo do Aeromovel, pois o trem a ar não descarrila e não colide com outro, devido às características inatas do projeto, que impedem a aproximação entre veículos adjacentes, evitada pela compressão do ar dentro do duto que mantém afastadas entre si as placas que impulsionam os veículos. Este atributo caracteriza-se pelo fato de que as placas de propulsão atuam como pistões fixos, vedando o duto de propulsão.

Para os passageiros, em caso de falta de energia elétrica ou paralisação do sistema por outros motivos, com o veículo fora da estação, saídas de emergência situadas nas cabeceiras dos veículos permitem o acesso dos passageiros à via elevada para servir como passarela até a estação mais próxima. Os trilhos são alimentados com baixa tensão (55V

CA), sem apresentar perigo de choque elétrico quando energizados. O sistema de movimentação e frenagem é totalmente automatizado, sem intervenção de condutor e controlado em centrais de operação.

O conforto está relacionado à melhor acessibilidade e distribuição do espaço interno, com espaço reservado para cadeirantes e idosos, deslocamento silencioso sem ruído de motores além de climatização interna dos veículos. O sistema de controle do Aeromovel abrange todos os aspectos da operação, desde a abertura e fechamento das portas, velocidade, aceleração / desaceleração durante a viagem. Em cada estação de passageiros localiza-se uma cabine de controle que agrega todos os equipamentos de controle específicos do trecho para o qual o veículo se dirige. Na cabine de controle existe um supervisor de operação no trecho, que orienta o embarque e desembarque de passageiros, bem como libera o veículo para partir e operar automaticamente.

2.4 Custos

Outra vantagem do Aeromovel é o fato da cadeia de suprimentos ser 100% nacional e o veículo ser até quatro vezes mais leve do que outros modelos sobre trilhos, fatores que diminuem os custos do sistema. O reduzido peso-morto por passageiro transportado é alcançado devido ao caráter passivo do veículo, resultando em um baixo custo de investimento e baixos custos de operação e manutenção. O consumo energético equivalente encontra-se em patamares inferiores à metade dos observados nos sistemas sobre pneus e a sua implantação custa em média 1/4 menos do que os modais da mesma categoria.

3. APLICABILIDADE DO AEROMOVEL NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO

A cidade do Rio de Janeiro recentemente passou por uma série de intervenções na área de transportes urbano com o objetivo de melhorar a mobilidade urbana e prepara-la para sediar competições esportivas internacionais como a Copa do Mundo de 2014 e os Jogos Olímpicos de 2016. Foram implantados diversos corredores segregados para ônibus expressos (BRT), formando as linhas Transbrasil, Transoeste e Transolímpica. Esses corredores, concebidos para introduzir o conceito de substituição do trânsito individual por um sistema de transporte coletivo, teve como principal atrativo a possibilidade de proporcionar uma diminuição do tempo de deslocamento, uma vez que os coletivos não enfrentariam os constantes engarrafamentos das vias da cidade.

Entretanto, o sistema BRT não vem obtendo os resultados anunciados e esperados, uma vez que os ônibus articulados, devido a sua atual pouca capacidade de transporte, não tem conseguindo absorver todos os usuários, resultando em problemas crônicos de superlotação e reclamação de usuários nos horários de pico.

Desconsiderando a opinião de diversos especialistas da área de transportes, a Linha 4 do Metrô, ligando os bairros de Ipanema à Barra da Tijuca, inaugurada em agosto de 2016 com capacidade de transportar aproximadamente 100.000 passageiros/dia, não foi estendida até o Terminal Rodoviário Alvorada, 6km além da estação final Jardim Oceânico na Barra da Tijuca. Com isto, houve a necessidade de providenciar uma interligação entre o metrô e os sistemas BRT, concentrados no terminal rodoviário, optando-se pela

construção da extensão da linha BRT Transoeste ao longo da avenida das Américas (Figura 3).

Devido à baixa capacidade dos ônibus BRT (200 pessoas), provavelmente operado em intervalos inconstantes, não se conseguirá absorver o fluxo de passageiros previsto na linha 4 do metrô, gerando problemas de superlotação similares aos existentes nas demais linhas BRT.



Figura 3 - Traçado do BRT Transoeste na Barra da Tijuca entre o Terminal Alvorada e a estação Jardim Oceânico do metrô (Fonte: Abrahão, 2015)

O principal problema desta ligação baseada em BRT, com capacidade para até 3.400 passageiros por hora, será atender à demanda do metrô de até 8.000 passageiros por hora, com intervalo programado de aproximadamente 4 minutos. Isto significa dizer que para integração destes dois sistemas haveria necessidade de diminuir consideravelmente os intervalos de viagens entre ônibus, situação que deve provocar superlotação da estação Jardim Oceânico, com dificuldades de transbordo de passageiros principalmente nos horários de maior demanda.

Nesse contexto, uma alternativa viável seria a implantação do Sistema Aeromovel no trecho Jardim Oceânico/ Terminal Alvorada, infelizmente não contemplada, cujos veículos teriam no mínimo capacidade para 450 passageiros, ou seja, o dobro da capacidade dos

veículos articulados do BRT. Outra grande vantagem do Aeromovel, pelo fato do trajeto ser em via elevada pelo canteiro central da avenida das Américas, seria evitar cruzamentos de trânsito, sem grandes interferências nesta importante via de tráfego, ou modificações nas áreas verdes da região.

A grande versatilidade do Sistema Aeromovel lhe conferem grande vantagem entre conexões de diferentes modos de transporte, neste caso específico entre o metrô e linhas de ônibus existentes no terminal rodoviário. Com relação aos custos de implantação, o Aeromovel também se beneficia da ocupação vertical do espaço urbano, com a dispensa de onerosas ampliações nas pistas de rolagem e outras intervenções como construção de viadutos e mergulhões.

4. CONCLUSÃO

Comparativamente com outros sistemas de transporte de média capacidade, o Aeromovel requer muito menos manutenção devido à sua inerente simplicidade e robustez. O reduzido número de componentes do sistema e a utilização de peças padronizadas disponíveis no mercado tornam os procedimentos de manutenção independentes de fornecedores exclusivos ou de importação de componentes especiais.

Trata-se de um sistema seguro, trafegando em via elevada para evitar colisões e atropelamentos, silencioso, econômico, que não prejudica o meio ambiente em virtude de operar com ar sem geração de gases poluentes liberados para a atmosfera.

Sua possível implementação na cidade do Rio de Janeiro, na ligação entre o Terminal Rodoviário Alvorada (ônibus BRT) e o Terminal do Jardim Oceânico (linha 4 do Metrô) foi discutida neste trabalho e apontada como solução mais eficiente do que a alternativa de extensão da linha BRT Transoeste. A maior capacidade de transporte de passageiros, com regularidade de operação, poderia absorver a demanda de todos os passageiros do metrô, além de possibilitar maior equilíbrio no volume de tráfego nas demais rotas alternativas entre o bairro da Barra da Tijuca e o centro da cidade do Rio de Janeiro .

REFERÊNCIAS

- ABRAÃO, R. A. 2015. *Uma proposta de extensão da linha 4 do metrô do Rio de Janeiro (Barra da Tijuca) pelo sistema Aeromovel*. Dissertação de Mestrado Profissional em Engenharia Urbana e Ambiental. Departamento de Engenharia Civil. PUC-Rio. 74pp.
- ABS, D.; COESTER, M.; DETONI, J.; MORI, D.; CASTANEDA, S.; KASPER, H. e REIS, E. 2016. The Aeromovel Project for Airport Applications. *Proceedings of the 15th International Conference on Automated People Movers and Automated Transit Systems*. Ontario, Canada. ASCE. pp. 41-56.
- BRITTO, J.F.F.H. 2008. Dynamic Modelling of the Aeromovel Transport System. *Master's Dissertation*. UFRGS. (in Portuguese)
- KUNZ, G.; PERONDI, E.A.; Machado, J. 2011. A Dependable Automated People Mover System Modeled and Verified Using Timed Automata: A Case Study, *Proceedings of the 21st International Congress on Mechanical Engineering*, Natal, RN. Brasil.
- MAC DOWELL DA COSTA, F.L.C. 2012. Estudo Sistêmico de Viabilidade Técnico, Socioeconômica, Financeira e Ambiental para Implantação do Sistema Aeromovel em Campos dos Goitacases - RJ, LINHA 1 entre os bairros Aeroporto e Jockey, com extensão aproximada de 13 km. 101pp. Trabalho Vencedor do PAC das Médias Cidades.
- MAC DOWELL DA COSTA, F.L.C. 2014. Elaboração de Estudo Sistêmico de Demanda e de Engenharia Financeira, para implantação da linha Aeromovel Guajuviras, na cidade de Canoas, com extensão de 6 km e 10 estações. 82pp. Trabalho Vencedor do PAC das Médias Cidades.

- PERONDI, E.A.; SOBCYKS, M.R.; BRITTO, J.F.F.H. 2008. Controle em cascata e a Estrutura Variável Aplicada ao Seguimento de Trajetória de um Trem Urbano Movido a Ar (Sistema Aeromovel). Anais do XVII Congresso Brasileiro de Automática. Porto Alegre, RS.
- ROGERS, L.H. 1997. Aeromovel's Participation in the International Quest for Effective Mobility. *Proceedings of the 6th International Conference on Automated People Movers*. Las Vegas, Nevada. ASCE. pp. 563-574.
- SILVA, S.N. 2013. Análise da Sustentabilidade e Eficiência de Sistemas de Transporte Urbano por Meio de Ferramentas Termodinâmicas. *Tese de Doutorado*. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- PERONDI, E.A.; SOBCYKS, M.R.; BRITTO, J.F.F.H. 2008. Controle em cascata e a Estrutura Variável Aplicada ao Seguimento de Trajetória de um Trem Urbano Movido a Ar (Sistema Aromovel). Anais do XVII Congresso Brasileiro de Automática. Porto Alegre, RS.



A percepção do Conforto e da Segurança das ciclovias e ciclofaixas em Vitória-ES(Brasil) a partir de seus usuários

Malena Ramos Silva

Universidade Federal do Espírito Santo, Laboratório de Planejamento e projetos, Vitória (ES), Brasil
malena_mrs@hotmail.com

Jordano Francesco Gagno de Brito

Universidade Federal do Espírito Santo, LABHIDRO - Laboratório de Hidráulica, Vitoria (ES), Brasil
jordanofrancesco@gmail.com

Júlia Leal Rabello

Universidade Federal do Espírito Santo, ProDesign – Programa de Projetos em Design, Vitória (ES), Brazil
julia.lrabello@gmail.com

Cristina Engel de Alvarez

Universidade Federal do Espírito Santo, Laboratório de Planejamento e Projetos, Vitória (ES), Brasil
cristina.engel@ufes.br

RESUMO: A mobilidade alicerçada aos princípios da sustentabilidade é uma questão em destaque dentre as principais preocupações das políticas públicas atuais relacionadas aos fluxos urbanos. Tornar mais eficiente as condições do trânsito é uma preocupação constante, que visa também a melhoria do bem-estar social e o controle da poluição. Uma das alternativas que vem sendo utilizada para tal é o incentivo ao uso da bicicleta como modal de transporte, considerando ser uma iniciativa positiva tanto por não produzir emissões atmosféricas como, também, não gerar poluição sonora em seu uso final. Buscando identificar a relação dos ciclistas com a cidade, esta pesquisa teve como objetivo avaliar a percepção dos usuários de bicicletas no município de Vitória-ES (Brasil) em relação à fragilidade e vulnerabilidade que o ciclista está sujeito nas vias cicláveis urbanas, aspectos relacionados à melhoria da qualidade de vida e questões ligadas à territorialidade. Os procedimentos metodológicos consistiram na realização de entrevistas com ciclistas, em dois pontos previamente selecionados da cidade, sendo o primeiro uma ciclovia (orla da praia), também utilizado para passeio, e o outro um trecho de uma via coletora, a Av. Fernando Ferrari, em que a via é compartilhada. Todavia, embora sejam inquestionáveis as motivações para o incentivo ao uso da bicicleta como meio de transporte, constatou-se que tal discurso não tem dialogado com as políticas e infraestruturas públicas, tendo em vista que a infraestrutura das vias cicláveis são desconexas e mal sinalizadas o que eleva a sensação de insegurança, o número de acidentes e de vítimas, e a segregação espacial que os ciclistas sofrem nas cidades.

Palavras – chave Mobilidade – Planejamento Urbano – Sustentabilidade

1. INTRODUÇÃO

A mobilidade alicerçada nos conceitos de sustentabilidade é uma questão em destaque dentre as principais preocupações das políticas públicas atuais relacionadas aos fluxos urbanos. Segundo Oliveira & Silva (2015) há um interesse crescente sobre o assunto já que o conceito de transporte sustentável é uma extensão do conceito de desenvolvimento sustentável, e este pode ser interpretado como o desenvolvimento que proporciona níveis adequados de mobilidade no presente, sem comprometer as condições de mobilidade das futuras gerações. Dessa forma, o estudo de questões relativas à mobilidade aparece como um importante aliado neste desenvolvimento, considerando que a atual problemática tem refletido na queda da qualidade de vida nas áreas urbanas e em prejuízos ambientais impactantes para o bem-estar social.

As questões relacionadas à mobilidade urbana possuem um passado que está enraizado na sociedade brasileira há décadas, que parte do pressuposto de que a cidade não tem limites para sua expansão; que o transporte coletivo ou o individual superam os eventuais obstáculos; e que todos os habitantes terão, um dia, um automóvel. Portanto, o processo de urbanização continua a fragmentar o espaço urbano, criando bairros residenciais cada vez mais distantes dos locais de trabalho e de lazer, além de expulsar a população mais carente para a periferia dos grandes centros. Esta ocupação gera vazios urbanos e a infraestrutura construída para a circulação de automóveis ou mesmo para o transporte coletivo gera áreas degradadas física e economicamente (Bianco, 2008).

Dentro desta análise de valorização do transporte individual, constata-se o aumento nos tempos de viagem; perda de mobilidade das pessoas, principalmente das mais carentes; congestionamentos; aumento da poluição; desperdício de energia; acidentes; mortes e aumento da frota de veículos particulares em circulação. Para Maricato (2002), o uso cada vez maior do automóvel tem consequências diversas e, entre elas, a baixa qualidade de vida na cidade, com o consumo de espaço público para circulação e estacionamento dos veículos, consumo de combustíveis e ineficiência energética, além da poluição atmosférica e sonora. Nesta mesma discussão, Davis (2006) afirma também que os moradores das favelas ou áreas mais pobres da cidade são mais conscientes sobre o perigo do trânsito selvagem. O autor também menciona que o crescimento urbano desordenado, quando associado ao pouco investimento social em transporte de massa ou vias expressas transforma o trânsito em catástrofe para a saúde pública”.

Portanto, a saúde pública e urbana como fator instrumental do desenvolvimento humano sustentável, busca intervir no espaço das políticas e práticas públicas de forma integradora, com o intuito de alcançar medidas que possibilitem a todos os cidadãos desenvolverem em sua plenitude, suas capacidades, crenças e desejos (Costa; Silva & Cohen, 2013). Uma pesquisa realizada em 2011, pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea) identificou que nas grandes cidades os meios de transportes mais utilizados são o ônibus (44%); o carro (23,8%); a moto (12,6%); e a pé (12,3%). Junto a isso, o crescimento acelerado das cidades intensificou o deslocamento de veículos motorizados provocando problemas de congestionamentos cada vez maiores, além de contribuir para a poluição atmosférica.

Uma das alternativas que vem sendo utilizada para solucionar esta questão é o incentivo ao uso da bicicleta como modal de transporte, considerando ser uma iniciativa positiva tanto por não produzir emissões atmosféricas como, também, por não gerar poluição sonora com

seu uso. Desde o final do século XIX a bicicleta está presente no cotidiano dos brasileiros (Bianco, 2008), mas somente com a crise do petróleo, a partir da década de 1970, e com interesse das pessoas em melhorar o condicionamento físico foi que a bicicleta passou a ser considerada com um modo de transporte viável.

A bicicleta, além de ser um transporte alternativo e viável, segundo o Centro de Sistemas Urbanos e Regionais-CESUR (1999) é um transporte ambientalmente sustentável que não coloca em perigo a saúde pública ou os ecossistemas e, tem uma taxa de utilização de recursos não renováveis inferiores à sua taxa de regeneração e um ritmo de utilização dos recursos não renováveis inferior ao ritmo de desenvolvimento de substitutos renováveis.

Contudo, para incluir a bicicleta aos sistemas de transportes existentes, Castañon (2014) salienta que é indispensável que os governos municipais incorporem os recursos correspondentes à otimização da bicicleta como veículo de uso corrente ao planejamento das áreas de expansão ou reformas. É fundamental que sejam incorporadas nessas situações, a construção de vias cicláveis, e a sinalização correspondente ao diálogo urbano com a bicicleta. Objetivando impulsionar os governos nas esferas municipais e estaduais a implementarem medidas voltadas para o uso, em condições de segurança, da bicicleta como modo de transporte (e não apenas para o lazer), foi desenvolvido o Programa Brasileiro de Mobilidade por Bicicleta - Programa Bicicleta Brasil (Brasil, 2007).

O Programa Bicicleta Brasil apresenta as seguintes definições para as vias cicláveis:

[...] são caminhos formados por segmentos viários ou espaços e trilhas naturais no campo ou na cidade, que podem ser utilizados pelos ciclistas na ligação entre uma origem e um destino [...] Sendo as ciclovias, os espaços destinados à circulação exclusiva de bicicletas[...] as ciclofaixas são os espaços destinados à circulação de bicicletas, contíguo à pista de rolamento de veículos automotores, sendo dela separada por pintura e/ou dispositivos delimitadores denominados de tachas pelo CTB; a Calçada Partilhada é o espaço exclusivo para circulação de ciclos sobre parte da calçada, com segregação visual do tráfego de pedestres; a Calçada Compartilhada é o espaço de uso comum para a circulação de pedestres, cadeirantes e ciclistas montados, devidamente sinalizado e regulamentado, sem que haja prejuízo do conforto e da segurança de seus usuários[...]. A ciclofaixa operacional de lazer é a faixa de tráfego situada junto ao canteiro central, ou à esquerda da via, totalmente segregada do tráfego lindeiro por elementos de canalização, regulamentando o seu uso, com funcionamento aos domingos e feriados nacionais, das 7h às 16h (Caderno de referências...2007)

Outras medidas foram implantadas com a Lei Federal nº 12.587/2012, conhecida como “Lei da Mobilidade” que definiu princípios e diretrizes compatíveis com os conceitos de mobilidade urbana sustentável e tornou obrigatória a elaboração de Plano de Mobilidade Urbana, integrado e compatível com os respectivos planos diretores ou neles inseridos, para aproximadamente 3.065 municípios. A Lei também concretizou a necessidade de uma sistemática de avaliação, revisão e atualização dos Planos de Mobilidade, tornando imprescindível uma ferramenta de avaliação e controle das condições de mobilidade nos municípios (Brasil, 2012).

Porém, a rápida urbanização e a concomitante motorização nos países em desenvolvimento contribuíram para o crescimento dos acidentes de trânsito e isso não foi seguido pelo desenvolvimento de uma engenharia apropriada e por programas de sensibilização, educação, prevenção de riscos e repressão das infrações (Cabral; Souza; Lima, 2011). Na

cidade de Vitória/ES somente no ano de 2013 foi outorgada a Lei municipal nº 8.564 (PMV, 2013) que instituiu a política de incentivo ao uso da bicicleta.

Esta Lei foi lançada com o intuito de instituir uma política de incentivo ao uso da bicicleta, sendo utilizada como forma de mobilidade urbana e tendo como objetivo proporcionar o acesso amplo e democrático ao espaço urbano, priorizando assim, o transporte coletivo e não motorizado. Ela também visa a promoção de ações e projetos em favor dos ciclistas, pedestre e cadeirantes, a fim de melhorar as condições de deslocamento. No entanto, para incentivar o uso da bicicleta é importante oferecer maior segurança para os ciclistas, sendo um aspecto relevante identificar as áreas de ocorrência de acidentes com esse tipo de transporte e diagnosticar suas causas, visando então definir ações que tornem esse transporte mais seguro.

Afim de dar mais comodidade e segurança aos usuários, a Lei instituiu a integração das bicicletas com o transporte público, além de implementar uma infraestrutura cicloviária urbana, como ciclovias, ciclo faixas, faixas compartilhadas, bicicletário e sinalização específica. Paralelamente, a Prefeitura lançou campanhas educativas voltadas para o uso da bicicleta.

Entretanto não basta uma campanha que só incentive o uso da bicicleta alicerçada no conceito de que é um meio de transporte alternativo e sustentável, sendo também desejável que a campanha alcance os condutores de veículos motorizados sobre os procedimentos adequados em relação aos ciclistas. Tais ações tendem a resultar no melhor funcionamento das leis de trânsito, reduzindo acidentes envolvendo os usuários das vias públicas e, principalmente, os ciclistas (Leite; Santos Neto; Antunes, 2013).

Após a implantação do projeto e melhoria das áreas para bicicletas, o total de vias cicláveis na Região Metropolitana da Grande Vitória é de 141,63 Km, sendo que o município de Vitória/ES tem 36,6 Km de vias cicláveis implantadas (IJSN, 2014) sendo 29,98 Km de ciclovias e 6,62 Km de ciclofaixas. Há ainda um projeto específico para fechar o anel cicloviário com cerca de 200 Km, ligando os principais corredores da cidade.

Como meio de continuar estimulando os ciclistas e promover a bicicleta como modalidade de deslocamento eficiente e saudável, no ano de 2015 a Prefeitura de Vitória demarcou uma faixa de uso exclusivo, que liga o centro da cidade à orla de Camburi. Outro recente incentivo proporcionado pela Prefeitura foi a inclusão do Programa Bike Vitória, um programa de aluguel de bicicletas que já está presente em várias capitais brasileiras, mas que somente este ano pode ser implantada. Esta conta com 20 pontos distribuídos na cidade de Vitória (Figura 1), trazendo comodidade a população que pretende usá-la como meio de transporte para o trabalho ou mesmo para o lazer.

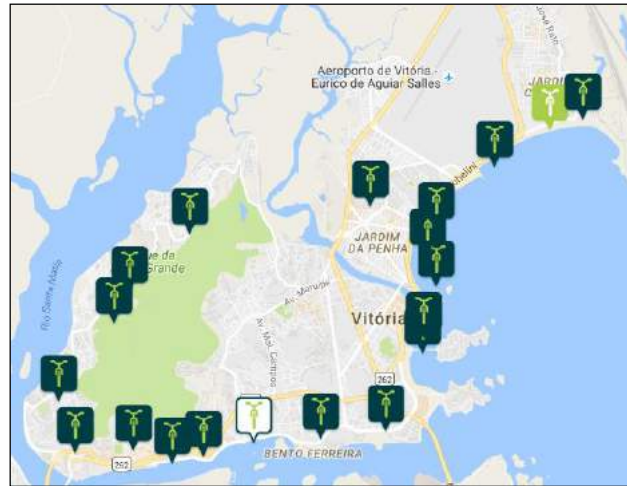


Figura 1 – Mapa dos pontos de bicicleta do Bike Vitória - Fonte: BIKEVITORIA..., acesso 06 ago. 2016.

Buscando incentivar o uso de bicicletas, esta pesquisa teve como objetivo identificar a relação dos ciclistas com a cidade, avaliando a percepção dos usuários no município de Vitória-ES/BR em relação à fragilidade e vulnerabilidade que o ciclista está sujeito nas vias cicláveis urbanas, especialmente nos aspectos relacionados à melhoria da qualidade de vida e questões ligadas à territorialidade.

2. METODOLOGIA

A pesquisa foi estabelecida a partir das seguintes etapas: a) revisão bibliográfica crítica sobre o uso da bicicleta como modal de transporte, identificando as características de infraestruturas necessárias para sua viabilização, sendo nessa etapa também levantados dados, documentos, mapas e informações específicas para o recorte territorial da pesquisa; b) elaboração de diagnóstico das vias pela visão do usuário através da realização de entrevistas com ciclistas em dois pontos previamente selecionados da cidade. c) análise dos dados obtidos e; d) elaboração de mapa temático.

Para a formulação das entrevistas foram realizadas 11 questões de respostas objetivas, que tratavam a etapa inicial da pesquisa e, nove de respostas abertas para colher subsídios para a próxima etapa de aprimoramentos. A primeira parte das perguntas buscou caracterizar o perfil do respondente quanto à idade, gênero, tempo de uso e principais fins, enquanto as demais abordaram questões diretamente relacionadas aos temas de interesse, ou seja, o conhecimento dos tipos de vias, seus usos por parte dos ciclistas e em relação ao conforto que a infraestrutura das ciclovias oferece, e como a população se relaciona.

Para a obtenção dos dados de percepção dos usuários, foram selecionados dois pontos de entrevistas em locais diferentes que possuíam vias cicláveis (Figura 2). Para a escolha do local, foram considerados como critérios os seguintes aspectos:

- Serem localizados em condições ambientais diferenciadas, visando a obtenção de informações em diferentes condições;
- Serem prioritariamente utilizados com objetivos diferenciados – lazer e deslocamento para trabalho – objetivando a ampliação da perspectiva por diferentes tipos de usuários; e

- c) Possuírem infraestruturas para os ciclistas, preferencialmente uma ciclovia e uma via compartilhada.

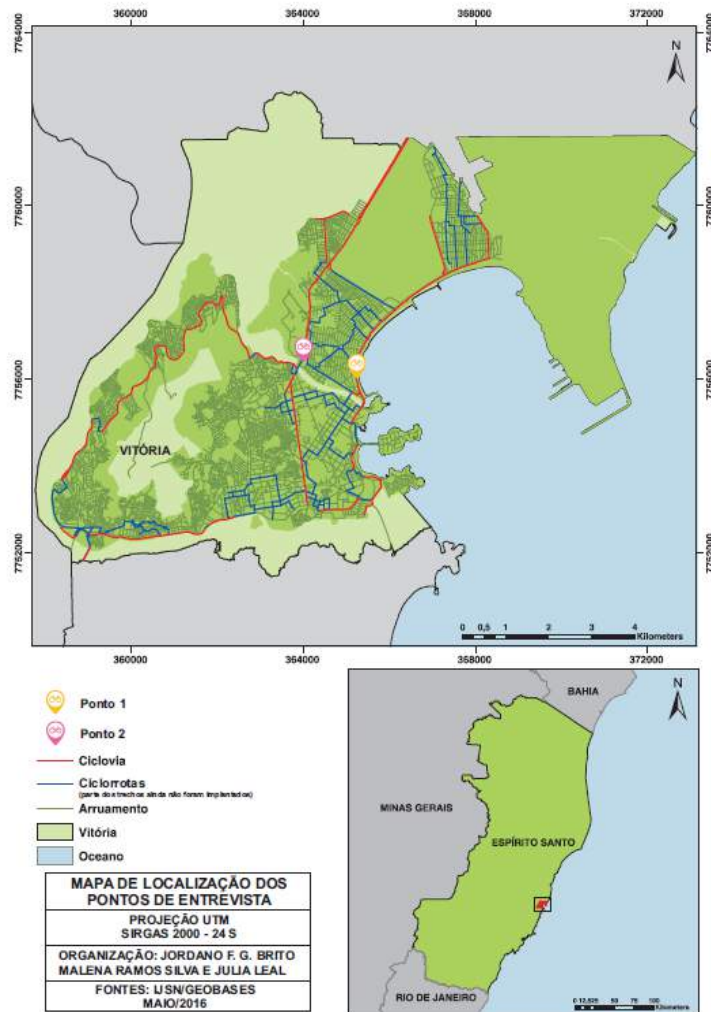


Figura 2 – Localização dos pontos de entrevistas - Fonte: IJSN e GEOBASES

O primeiro ponto localiza-se na orla da praia de Camburi, um dos lugares mais frequentados do município para a prática de atividades físicas e recreativas, devido principalmente à infraestrutura física e à beleza paisagística. Já o segundo, encontra-se numa área residencial e comercial, próximo à Ponte Governador Carlos Lindenberg, conhecida como “Ponte da Passagem”, na Avenida Fernando Ferrari, uma das principais vias coletoras da cidade e com grande fluxo de veículos motorizados (Figuras 3 e 4).

Os pontos foram devidamente localizados através dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) sendo o registro realizado através do uso aplicativo de GPS (Global Position System) gratuito *GPS Essentials* para *smartphones*.

No ponto um, as entrevistas foram realizadas no dia 27/04/2016 (quarta-feira) às 18h30 com duração de aproximadamente uma hora. No ponto dois, as entrevistas aconteceram no dia 05/05/2016 (quinta-feira) às 18h00 e teve a mesma duração do ponto anterior. A frequência de ciclistas nos períodos citados foi semelhante, ocasionando um número aproximado de entrevistas em ambos. No ponto um, obteve-se um total de 22 entrevistados enquanto no ponto dois um total de 17 entrevistas.



Figura 3 – Ponto 1 (Orla de Camburi), caracterizado por ser um local apazível e com uso predominante para lazer.



Figura 4 – Ponto 2 (Ponte da Passagem). Caracterizado por ser um local de grande fluxo, e com uso predominante de locomoção.

Após o levantamento das informações, os dados foram estatisticamente tratados visando a posterior análise, cujos resultados seguem detalhados.

3. A PERCEPÇÃO DE CONFORTO E SEGURANÇA DOS USUÁRIOS

Durante as entrevistas foi possível notar que poucos ciclistas faziam uso de equipamentos pessoais de segurança e, além disso, a maioria dos entrevistados disseram não saber a diferença entre ciclovias, ciclofaixas e os demais segmentos viários usados por projetistas e profissionais do setor de transportes.

O Relatório Anual de Estatística de Trânsito 2014 divulgado pelo Detran/ES, apresenta as características de vítimas de acidentes no trânsito da Grande Vitória, sendo que das 10.323 vítimas, entre feridos e vítimas fatais, 526 são ciclistas. Dos feridos com acidentes de trânsito 69,78% são do sexo masculino. Embora não tenha sido o foco desta pesquisa, é importante destacar que cerca de 59% dos usuários entrevistados eram do sexo masculino, na faixa etária de 20 a 62 anos. Já o Caderno de Referência para Elaboração de Plano de Mobilidade por Bicicleta nas Cidades menciona que a proporção de mulheres usuárias de bicicleta não ultrapassa 15%, no Brasil (Brasil, 2007), observando-se tratar de uma informação elaborada a partir de informações de quase uma década atrás.

Os entrevistados responderam sentirem-se seguros nas ciclovias por ser um local destinado exclusivamente para os ciclistas, em contrapartida, nas ciclofaixas não há a mesma sensação de segurança, tendo em vista que o espaço é dividido com os carros. Por ser mais barata que a ciclovia, a ciclofaixa é uma das alternativas mais utilizadas pelas grandes cidades para o deslocamento das bicicletas, porém “as normas e orientações para implantação e sinalização destas vias não estão reunidas em um único manual e deixam muitas dúvidas quanto à implantação de vias para o trânsito de bicicletas” (Feder, 2005, p. 105)

A partir de questionamentos como “Por onde você trafega?” e “Como se sente quando trafega por: Ciclovia, Ciclofaixa, Rua, Calçada e Via Compartilhada?”, foi possível observar que os ciclistas reforçam a diferença de poder entre eles e os demais usuários, salientando que apesar de algumas vias serem compartilhadas, nem todos possuem o mesmo domínio e sensação de pertencimento.

A frequência de respostas como: “não há espaços suficientes destinados a bicicleta”, “As pessoas que andam de carro não respeitam o ciclistas”, “Os pedestres não respeitam os ciclistas”, “Não existem regras ou leis para os ciclistas”, “A ciclovia se torna perigosa sem a parceria com os pedestres” e “Faltam ciclovias e manutenção nas que já existem” evidencia

que a população da cidade de Vitória/ES possui dificuldades na relação com os ciclistas, e não há infraestrutura viária suficiente para que façam o deslocamento com conforto e segurança. Também relatam que a exposição aos fenômenos climáticos como a chuva e o sol reduzem o uso das bicicletas, visto que poderiam prejudicar o percurso ou as condições de como chegariam em seu destino.

É perceptível que nas ciclofaixas, os automóveis são os atores dominantes deste espaço, enquanto o ciclista está em segundo plano. Como este está fisicamente mais vulnerável, desempenha um comportamento submisso quase sempre, dando preferência para os automóveis. Porém, essa vulnerabilidade física nem sempre é fator dominante para determinar quem exerce maior domínio na via. Nas calçadas, o grupo dominante é o de pedestres, tanto em quantidade quanto em adequação com a infraestrutura da via em que, muitas delas, mesmo possuindo trechos de via compartilhada, têm buracos e a ausência de rampas dificultando ou até mesmo impedindo a circulação dos ciclistas. Neste contexto a calçada é culturalmente tratada como um local de pedestres, configurando um território.

(...) a partir da concepção de espaço como um híbrido – híbrido entre sociedade e natureza, entre política, economia e cultura, e entre materialidade e "idealidade", numa complexa interação tempo-espaço, como nos induzem a pensar geógrafos como Jean Gottman e Milton Santos, na indissociação entre movimento e (relativa) estabilidade recebam estes os nomes de fixos e fluxos, circulação e "iconografias" [na acepção de Jean Gottman], ou o que melhor nos aprouver. (...) o território pode ser concebido a partir da imbricação de múltiplas relações de poder, do poder mais material das relações econômico-políticas ao poder mais simbólico das relações de ordem mais estritamente cultural. (Haesbaert, 2004, p. 79)

Embora haja incentivo das políticas públicas para o uso de veículos não motorizados, a pesquisa apresentou que o uso da bicicleta está direcionado para vários fins, com predominância para o lazer (33,7%), seguido de transporte para o trabalho (24,4%) e a prática de exercícios (24,4%) e os demais utilizam o transporte para ir estudar (17,4%). Observa-se que a preferência por esse veículo é devido, principalmente, a agilidade que o transporte promove (26,2%), e ao fator econômico (21,5%), sendo essa conclusão oriunda das respostas às perguntas 03 e 04 que abordam o assunto. No entanto, Pontes, et al. (2005) induz à reflexão de que a bicicleta não é, ainda, um meio de transporte atraente para a maioria dos cidadãos das cidades brasileiras, apesar dos inúmeros benefícios que trazem, pois não há uma política pública específica que o favoreça e garanta segurança àqueles que aderem ao seu uso.

Alguns fatores levantados que podem ter influência na dificuldade de adesão da bicicleta como meio de transporte foram que os entrevistados (82,1%) não utilizam a bicicleta para longas distâncias, pois consideram os outros meios de transportes mais cômodos. Proença e Raia Jr (2005) afirmam que:

(...) para se motivar viagens de bicicleta é necessária a identificação dos corredores cicloviários já utilizados pelos ciclistas, a fim de integrá-los ao transporte público por meio da implantação de facilidades urbanas destinadas a esse modo de transporte. Com isso a parcela da população que usa a bicicleta como meio de transporte terá aumentada sua capacidade de mobilidade, podendo desfrutar da cidade e do espaço destinado à circulação de uma maneira mais igualitária.

4. CONCLUSÃO

O presente trabalho permitiu observar que a sensação de segurança e conforto dos ciclistas é fundamental para compreender como estes fazem uso das vias. Essas percepções são fatores determinantes na construção de suas rotas e na opção de uso da bicicleta como meio de transporte.

A partir da análise das respostas dos entrevistados, foi possível constatar que não são apenas as condições físicas das vias cicláveis e sua densidade que determinam a sensação de segurança e conforto dos ciclistas, mas também a cultura existente nas relações de seus usuários. Além disso, foi possível observar que há no imaginário dos entrevistados um acordo implícito que vai além das normas de trânsito em que, em cada tipo de via existe uma relação de poder diferente, ou seja, cada veículo ou usuário possui maior ou menor poder e relação de pertencimento, levando os ciclistas a se sentirem desconfortáveis e inseguros mesmo em vias que foram planejadas para seu uso.

Apesar dos pontos amostrais estarem ligeiramente mais distantes de algumas localizações de referência para os deslocamentos, como dos bairros Jardim Camburi e Centro, é notável a quantidade de ciclistas nas proximidades de onde as entrevistas foram realizadas, levando a supor que a escolha dos pontos de coleta de dados teve influência nos resultados da pesquisa, em que as vias de maior fluxo mencionadas pelos ciclistas, não necessariamente são as de maior fluxo do município. Apesar disso, é importante ressaltar que as vias e bairros de uso mais frequente pelos ciclistas entrevistados estão em áreas topograficamente mais planas e que possuem melhor densidade e qualidade de vias cicláveis.

Os resultados obtidos permitiram, além das conclusões efetivas, a análise da metodologia visando sua continuidade, tanto para a ampliação da amostragem como, também, para o aprimoramento das questões e inserção de novos critérios para a escolha dos novos locais de entrevistas.

REFERÊNCIAS

- Bianco, S. L. (2008) O papel da bicicleta para a mobilidade urbana e a inclusão social. Disponível em < www.transporteativo.org.br/site/Banco/6clipping/MobilidadeSergio Bianco.doc >. Acesso em: 20 de abril. 2016.
- BikeVitória – estações-Disponível em: <<http://www.bikevitoria.com/mapaestacao.aspx>> Acesso em 06 de ago.2016
- Brasil (2007). Ministério das Cidades. Coleção Bicicleta Brasil. Caderno 1: Programa Brasileiro de Mobilidade por Bicicleta. *Caderno de Referência para Elaboração de Plano de Mobilidade por Bicicleta nas Cidades*. Secretaria Nacional de Transporte e Mobilidade Urbana. Brasília/DF. Disponível em <http://www.cidades.gov.br/secretariasnacionais/transporte-e-mobilidade/arquivos/Livro%20Bicicleta%20Brasil.pdf>. Acesso em 25/03/2016.
- Brasil. (2012) Lei no 12.587, de 03 de janeiro de 2012. Institui as Diretrizes da Política Nacional e Mobilidade Urbana e dá outras providências. Brasília. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato20112014/2012/lei/l12587.htm.
- Cabral, A. P. S., Souza W. V., Lima, M. L. C.(2011) Serviço de atendimento móvel de urgência: um observatório dos acidentes de transporte terrestre em nível local. *Rev. Bras. Epidemiol.* n. 14, v.1. São Paulo:. p. 3-14
- Castanõn, U. N.(2014) A bicicleta como veículo de mobilidade urbana sustentável. Disponível em http://www.viannajr.edu.br/files/uploads/20140313_164605.pdf.. Acesso em 20 de abril de 2016.
- Centro de Sistemas Urbanos e Regionais -CESUR (1999). Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento das Nações Unidas.
- Costa, R. G.R.; Silva, C. G. T.; Cohen, S.C. A origem do caos – a crise de mobilidade no Rio de Janeiro e a ameaça à saúde urbana. *Cad. Metrop.*, São Paulo, v. 15, n. 30, pp. 411-431, jul/dez 2013
- Davis, Mike. Planeta favela.Boitempo Editorial, 2006

- Feder, Marcos.(2005) Ciclofaixas – Análise da legislação e das normas brasileiras. *Revista dos Transportes Públicos – ANTP*, São Paulo, ano27, 1º trimestre, p. 95 – 110,.
- Haesbaert, R. (2004). O mito da desterritorialização: do "fim dos territórios" a multi-territorialidade. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- Instituto Jones dos Santos Neves –Disponível em < <http://www.ijns.es.gov.br/artigos/4172-grande-vitoria-recebe-mapa-das-ciclorrotas>> Acesso em 09 de mar.2016.
- Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada-Ipea (2011) A Nova Lei de Diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana. (Comunicados do IPEA). Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Brasília. http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/comunicado/120106_comunicadoipea128.pdf.
- Leite, M. E., Santos Neto, N. F., Antunes, S. S. F.(2013) Análise espacial dos acidentes de trânsito com ciclistas utilizando o sistema de informação geográfica - *Revista brasileira de geografia médica e da saúde – Hygeia* 9 (16): 190 - 199, Jun - Disponível em< <http://www.seer.ufu.br/index.php/hygeia>> Acesso em 25/03/2016.
- Maricato, Ermínia, Arantes, Otília, Vainer, Carlos. A cidade do pensamento único – desmanchando consensos. Editora Vozes 2002.
- Pontes, B. A et al.(2014) Políticas públicas de conforto ambiental: a questão da mobilidade e o sistema cicloviário na cidade do Recife - *Revista Movimentos Sociais e Dinâmicas Espaciais*, Recife, V. 03, N. 01. Prefeitura Municipal de Vitória. Disponível em : <http://sistemas.vitoria.es.gov.br/webleis/consulta.cfm?id=181412> – Acesso em 15 de mar. 2016
- Proença, M.C.P.F. Raia Júnior, A. A. (2005) Segurança do ciclista: o estímulo a um modo de transporte urbano sustentável – PLURIS. Disponível em: <http://redpgv.coppe.ufrj.br> <http://redpgv.coppe.ufrj.br/index.php/es/produccion/articulos-cientificos/2005-1/194-proenca-raiajr-pluris2005/file>. Acesso em 15/03/2016.
- Oliveira, G.M.; Rodrigues da Silva, A.N. Desafios e perspectivas para avaliação e melhoria da mobilidade urbana sustentável: um estudo comparativo de municípios brasileiros. *Revista Transportes* v. 23, n.(2015), p.59-68.
- Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo. Disponível em< <http://www.geobases.es.gov.br/portal/index.php/mapas.html>> Acesso em 09de mar.2016



Mobilidade urbana sustentável e acessibilidade: Estratégias de infraestrutura verde para reabilitação do centro de Vitória-ES

Daniella do Amaral Mello Bonatto

*Federal University of Espírito Santo, Vitória (ES), Brazil
daniella.bonatto@ufes.br*

Larissa Rangel

*Federal University of Espírito Santo, Vitória (ES), Brazil
larissarangeloc@gmail.com.*

RESUMO: O crescimento urbano tem sido pautado na ocupação dispersa e privilégio do uso do automóvel, excessiva subtração de espaços livres e áreas verdes, intensa impermeabilização do solo, bem como de arborização urbana insuficiente, decorrendo em diversos problemas urbanos de ordem bioclimática, os quais podem ser mitigados através de estratégias de infraestrutura verde aplicadas no espaço público. Este artigo tem como objetivo apresentar a análise de uma área no Centro Histórico de Vitória-ES e indicar a viabilidade da utilização de estratégias de infraestrutura verde para requalificação urbana com foco no pedestre. A metodologia utilizada envolveu: pesquisa bibliográfica internacional e nacional sobre infraestrutura verde e estudos de caso, levantamento de campo, entrevistas com pedestres, sistematização, análise e formulação de recomendações. O levantamento físico permitiu observar a diversidade de espaços livres, em sua morfologia, arborização, ambientação, oferta de atividades e mobiliários, diversos problemas de infraestrutura, intensidade de fluxos de veículos e privilégio de automóveis no espaço livre público, problemas graves de acessibilidade, além de outros de ordem bioclimática, como diversos pontos de alagamento. O estudo demonstrou que mesmo nos trechos mais consolidados e com menor espaço disponível, é possível a utilização de soluções de baixo impacto, mas com grande potencial de reabilitação urbana, tendo a rua como a mais disponível forma de espaço livre público.

Palavras-chave: *mobilidade urbana sustentável, acessibilidade, espaços livres públicos, infraestrutura verde, corredores verdes urbanos.*

1. INTRODUÇÃO

Este artigo é **produto de pesquisa de Iniciação Científica** apoiada pela FACITEC e desenvolvida entre 2014 e 2015, cujo o objetivo analisar os espaços livres num trecho do centro histórico de Vitória cidade e verificar a possibilidade de implantação de corredores verdes urbanos com vistas à reabilitação da área, maior resiliência e qualidade o ambiente urbano, privilegiando as pessoas. O **objetivo** aqui é apresentar a análise de um trecho do Centro Histórico da cidade e indicar possibilidades de utilização de soluções de infraestrutura verde para a sua requalificação urbana, com foco no pedestre. A **estrutura do artigo** traz a fundamentação teórica que apoiou a pesquisa, abordando brevemente a mobilidade urbana sustentável e a infraestrutura verde, o levantamento de campo e entrevistas, análise e proposições, finalizando com as considerações finais.

Além da pesquisa bibliográfica nacional e internacional e de estudos de caso para levantamento do estado da arte, a **metodologia** envolveu levantamento de campo e pesquisa de percepção, de caráter exploratório, com 29 usuários das praças e das vias, a partir de dois instrumentos diferentes, com perguntas de múltipla escolha e perguntas abertas, para levantar aspectos como tipo de uso, frequência, equipamentos e mobiliário, arborização e ajardinamento, vitalidade atratividade, grau de conservação, sensação de segurança, ocorrência de alagamentos, problemas e sugestões, de modo a subsidiar a proposição de diretrizes e estratégias de intervenção.

No que diz respeito ao **estado da arte**, convém destacar que no Brasil a pesquisa e proposição sobre infraestrutura verde tem crescido, sobretudo nos núcleos universitários, conforme se observa em diversos trabalhos com estudos de caso e proposições para cidade de São Paulo-SP, São Carlos-SP, Passo Fundo-RS, Alegre-RS, Itá-SC, Serra-ES e Vitória-ES, apenas para citar alguns. A pesquisa ora apresentada **justifica-se** por corroborar com um campo de estudo ainda incipiente no Brasil e por propor superar o foco excessivo na ecologia que a infraestrutura verde muitas vezes reforça, a depender de sua utilização. Esta pesquisa e artigo focaram no potencial de suporte às atividades humanas que a infraestrutura verde tem, bem como para a estruturação urbana e qualificação do sistema de mobilidade urbana, em conjunto com o de espaços livres, onde a rua se reafirma como o espaço de costura das infraestruturas cinza e verde, da mobilidade sustentável, do tipo de espaço livre público que é o primeiro a ser acessado pelo usuário, do local essencial para a vivência urbana, cujo foco devem ser as pessoas.

2. FUNDAMENTAÇÃO

O crescimento urbano tem sido pautado na ocupação dispersa e privilégio do uso do automóvel, excessiva subtração de espaços livres e de áreas verdes, intensa impermeabilização do solo e arborização urbana insuficiente, decorrendo em diversos problemas urbanos, como segregação socioespacial e dificuldade mobilidade urbana, bem como problemas de ordem bioclimática como formação de ilhas de calor, alagamentos e deslizamentos de terra, poluição do ar e sonora, falta e má qualidade de água para abastecimento urbano a atividades agrícolas. O crescimento urbano nas últimas décadas vem agravando esses problemas e diminuindo drasticamente a disponibilidade e qualidade dos espaços livres públicos.

Lamas (1990, p. 102) divide os espaços livres em duas categorias: “ruas e avenidas” - destinadas à circulação e “praças e parques” - projetados para a permanência. Ele define praça como o “lugar intencional do encontro, da permanência, dos acontecimentos, de práticas sociais, de manifestações de vida urbana e comunitária e de prestígio, e, conseqüentemente, de funções estruturantes”. O autor observa, ainda, que a definição de praça implica a “estreita relação do vazio (espaços de permanência) com os edifícios, os seus planos marginais e as fachadas”, que definem os limites das praças e qualificam seu entorno imediato.

Em *Morte e Vida das Grandes Cidades*, livro de 1961, Jane Jacobs defende a importância da rua como *locus* da vivência social, discute a morte das cidades quando baseadas na circulação predominantemente por automóvel, determinante na perda da vitalidade dos espaços públicos, especialmente da rua, recaindo diretamente sobre as relações sociais e vivência no espaço urbano. Da mesma maneira, Ghel & Gemzoe (2002) fazem uma retrospectiva de base histórica para mostrar como o desenvolvimento urbano foi tirando o espaço das pessoas, do pedestre e transferindo importância desmedida ao automóvel, a ponto de se perder a relação própria da cidade, de convivência entre pessoas, levando ao espaço público ser ocupado sobretudo pelo automóvel, que os autores chamam de “cidade invadida”.

2.1 Mobilidade urbana sustentável

Os estudos e políticas de mobilidade urbana sustentável seguem na linha do TOD- Transporte Orientado ao Desenvolvimento, que defende aspectos vitais para a qualidade urbana, como a densificação em corredores de média e alta capacidade de transporte coletivo, a diversificação do uso do solo e o desenho urbano para produzir caminhos adequados para pedestres e ciclistas. Melhorar a mobilidade urbana, com foco no pedestre, contribui para a melhoria das relações e vivência no espaço da cidade, para o aumento da qualidade de vida e, ainda, para a melhoria da saúde individual e coletiva. Reverter a supressão de espaços públicos e de áreas verdes urbanas, bem como reverter os espaços cedidos ao automóvel em detrimento das pessoas é condição primeira para a manutenção da qualidade de vida nas nossas cidades.

Nesse contexto, a infraestrutura verde constitui uma estratégia de planejamento e desenho urbano capaz de reabilitar áreas urbanas. Diversos problemas urbanos de ordem bioclimática podem ser mitigados através de estratégias de infraestrutura verde aplicadas no espaço público, as quais, por sua multifuncionalidade, podem melhorar a infraestrutura viária para o pedestre e minimizar problemas como ilhas de calor e alagamentos.

2.2 Infraestrutura verde e corredores verdes urbanos

A estruturação urbana tradicional é pautada no zoneamento e regulamentação do uso do solo, com excessiva ênfase nas infraestruturas cinza – rede viária, saneamento, eletricidade, gás – monofuncionais e centradas no sistema viário rodoviário. O planejamento urbano tradicional, trabalha isoladamente, desarticulado do ambiental, reforçando uma dicotomia irreal e nociva à cidade. Embora as infraestruturas cinzas sejam fundamentais para que uma cidade funcione, comprometem drasticamente as dinâmicas naturais e a qualidade do ambiente construído se forem planejadas isoladamente, desarticuladas das questões ambientais. Tal forma de produzir o espaço urbano ocasiona

diversos problemas como supressão de áreas naturais, formação de ilhas de calor, desmorações, inundações e alagamentos por conta da impermeabilização excessiva do solo, entre outros, além de inibir e afastar o uso das pessoas. Nesse entendimento surge o movimento como o “*Grey to Green*”, que promove uma transformação urbana, considerando a infraestrutura verde como necessária na transformação das cidades e da paisagem, buscando “devolver a cidade” para as pessoas. A infraestrutura verde corresponde a redes de espaços verdes, água e sistemas ambientais, que incluem elementos como parques, árvores, jardins, beira de estradas, loteamentos, florestas, cursos d’água, áreas alagáveis e costeiras (CABE, 2014). Corredores verdes são os “sistemas e/ou redes de áreas protegidas manejadas para múltiplos usos: proteção da natureza, manutenção da biodiversidade, dos recursos hídricos, recreação e proteção dos recursos culturais e históricos” (AHERN, 2002). E têm se mostrado uma estratégia com grande potencial para a requalificação urbano-ambiental, constituindo elemento de planejamento e projeto.

A infraestrutura devendo ser considerada componente das redes de infraestrutura urbana e pensada conjuntamente, de forma a integrar o planejamento urbano e o planejamento da paisagem (BONATTO, 2014). Nesse contexto, temos especial interesse pelos corredores verdes urbanos que, conforme Penteadó & Alvarez (2007), apresentam as seguintes ideias-chave: linearidade (ruas, passeios, calçadas, ciclovia etc.); conectividade (potencial de ligação entre praças, bairros, polos de atração); multifuncionalidade (múltiplos usos); desenvolvimento sustentável (otimização das condições microclimáticas); redução do uso de combustíveis fósseis (estímulo ao transporte não poluente – peatonal, bicicleta); retenção de águas pluviais e aumento da permeabilidade do solo (arborização urbana, canteiros); retenção de partículas em suspensão e absorção de gases (arborização); sistemas lineares integrados (rede de mobilidade). Os corredores verdes urbanos buscam múltiplos propósitos, com objetivos ecológicos, culturais e estéticos.

Considerando-se a carência de espaços livres públicos nas cidades, de modo geral, pode-se tirar partido do fato de que a maior parte dos espaços livres públicos é o sistema viário. Assim, é possível recuperar o espaço para as pessoas, para o pedestre, para a fruição acessível e agradável, bem como para a permanência, fomentando a rua como o local do encontro e contribuindo para a mitigação de problemas urbanos de ordem bioclimática. A seguir apresenta-se o estudo realizado no centro de Vitória-ES.

3. ESPAÇOS LIVRES NO CENTRO DE VITÓRIA-ES - LEVANTAMENTO

A cidade de Vitória é a terceira capital mais antiga do Brasil. Em 2010 possuía 348.265 habitantes (IBGE) e extensão de 93,38 km², com suas 33 ilhas e sua porção continental (Fig. 1). Desenvolveu-se a partir de um centro religioso e de um núcleo portuário, sendo seu processo de ocupação através de diversos aterros, devido à sua condição de ilha e de seu relevo, com formações rochosas e morros, que dificultava a expansão. Os sucessivos aterros, o rápido crescimento demográfico e a supressão de áreas verdes desencadearam diversos problemas ambientais, destacando-se os constantes alagamentos.

O mapeamento inicial visou levantar áreas problemáticas e potenciais do Centro de Vitória, de forma a determinar a área de estudo e proposição (Fig. 2). Os critérios de escolha da área consideraram: a existência de espaços livres de lazer, a dinâmica urbana

local e interurbana – o Teatro Carlos Gomes, o Sesc Glória, a Catedral, equipamentos públicos, comércio e serviços diversos; a importância histórica e cultural da área, e uma extensão que pudesse ser percorrida a pé facilmente - seis praças que formam um polígono com aproximadamente 600 por 400 m.



Figure 1. Mapa de Vitória com destaque do Centro em cinza escuro. Fonte: IBGE, 2008



Figura 2. Centro de Vitória. Fonte: Google Earth, 2015. Editado.

O centro de Vitória, na região sul da Ilha, é caracterizado pela presença do Porto, do núcleo histórico da cidade, de diversos edifícios públicos, dentre eles a sede do Governo do Estado, além de edifícios comerciais e residenciais. É permeado por ruas estreitas e dividido entre Cidade Alta (Centro Histórico) e a Cidade Baixa (área plana, aterrada), as quais possuem grande diferença topográfica e são conectadas por ladeiras e escadarias. Anteriormente um núcleo da vida pública de Vitória, de intensa ocupação residencial e palco de inúmeros eventos culturais, religiosos e cívicos, a atual situação é de decadência e abandono de espaços livres e construídos, apesar da intensa dinâmica e atratividade em algumas praças e equipamentos culturais. A região possui diversos edifícios tombados e dezenas de edifícios com interesse em tombamento, definidos no Plano Diretor do Município, apontando interesse na sua revitalização. Um dos bairros com maior frequência de pedestres e disponibilidade de praças, o Centro também sofreu uma intensa impermeabilização do solo e processos de aterramento.

Foi delimitada para pesquisa a área que envolve as praças Pio XII, Rotary, Costa Pereira, Dom Luiz Scortegagna, Oito de Setembro e Francisco Teixeira Cruz e as ruas que fazem sua ligação: Marcelino Duarte, Dionízio Rosendo, avenidas Jerônimo Monteiro e Princesa Isabel e a Escadaria Maria Ortiz, além de diversas ruas exclusivas para pedestres (Fig. 3). A figura 3 mostra o mapa da área pesquisada, que pega uma parte da Cidade Alta (acima da Av. Jerônimo Monteiro, número 16 no mapa) e a Cidade Baixa. A partir do levantamento e visitas de campo definiu-se **quatro categorias de vias**.

O levantamento físico permitiu observar a diversidade de espaços livres, em sua morfologia, arborização, ambientação, oferta de atividades e mobiliários, problemas de infraestrutura, bem como diversidade na intensidade de fluxos de pedestres e veículos. As entrevistas ilustraram sensações e opiniões de usuários das praças e transeuntes nas ruas do entorno, além de expectativas para os espaços livres estudados. Nas entrevistas feitas nas ruas, observou-se alguns relatos comuns, como um sentimento de insegurança tanto nas movimentadas avenidas quanto em ruas tranquilas e menores. Observou-se falta ou

mal posicionamento de mobiliário e iluminação, carência de arborização, calçadas irregulares, degraus, rampas e buracos. Segundo os entrevistados, o aspecto das vias é desagradável, de abandono e sujeira, exceto nas vias arborizadas. Outro problema apontado foi o estacionamento de veículos, regular e irregular, impedindo a passagem dos pedestres, tomando um espaço que poderia ser de calçadas com um mínimo de faixa de passeio ou mais amplas, acessíveis e com arborização. O excesso de veículos, poluição visual da paisagem e falta de acessibilidade no Centro são drásticos. Entretanto, alguns dos usuários reclamam da falta de vagas.

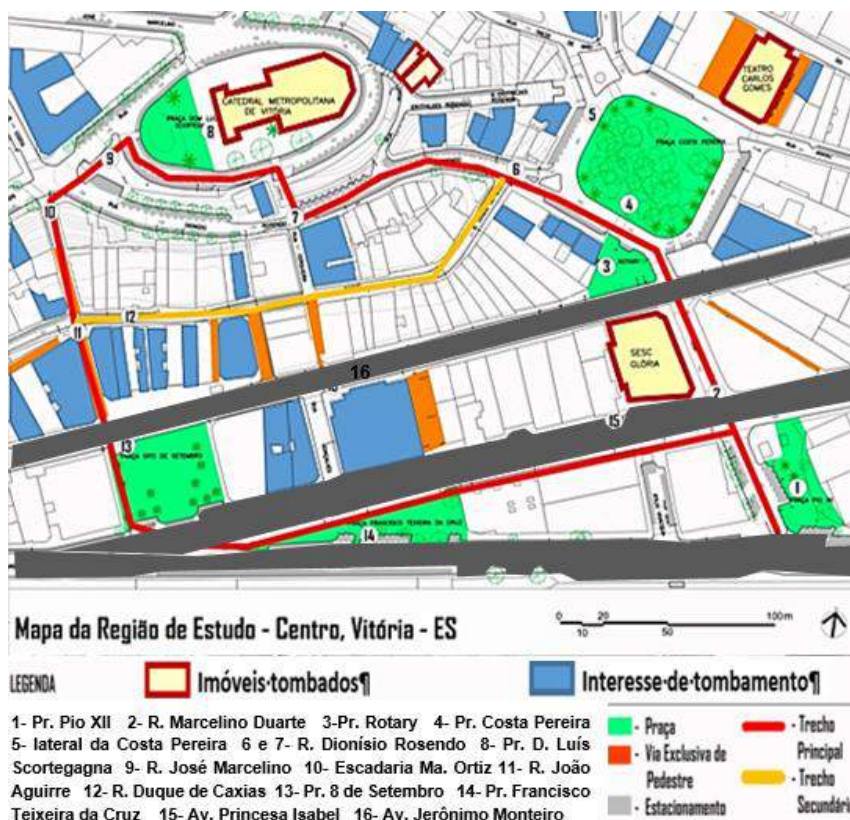


Figura 3. Mapa da Área de Estudo – Centro de Vitória

A primeira categoria, em cinza escuro no mapa (Fig. 3), agrupa as avenidas Jerônimo Monteiro (Fig. 4, foto 16), Princesa Isabel (Fig. 4, foto 15) e Mal. Mascarenhas Moraes - vias largas, com três ou mais faixas de rolamento, fluxo rápido de veículos, existência de muitos pedestres e poucas faixas de travessia, calçadas com padrão de acessibilidade e largura acima de dois metros. A arborização viária é escassa e a maioria das edificações é alta, principalmente os edifícios empresariais. A temperatura costuma ser alta durante o dia, o barulho dos veículos e cheiro de fumaça são fatores marcantes no ambiente. A segunda categoria é a de vias estreitas, de uma a duas faixas de rolamento, estacionamento presente nas laterais, fluxo contínuo, porém lento de veículos devido à largura da via e muito fluxo de pedestres. A variedade na ocupação do solo é maior, as calçadas são mais estreitas e irregulares, porém com maior presença de arborização. Essas características são encontradas em vias como a que circunda a Praça Costa Pereira (Fig. 4, foto 5), a R. Dionísio Rosendo (Fig. 4, foto 6) e o primeiro trecho da Marcelino Duarte. A terceira categoria é de vias estreitas e de pouco movimento, como a Duque de Caxias (Fig. 4, foto 12). A arborização é escassa e os estacionamentos estão presentes nas laterais. O fluxo de

veículos é lento e a iluminação noturna é deficiente. A quarta e última categoria é de vias de pedestre, em laranja no mapa (Fig.3). Não possuem arborização ou piso permeável, são ocupadas frequentemente com vendedores ambulantes durante o dia e têm movimento constante de pessoas. Embora sejam para pedestres, falta mobiliário urbano que permita sua permanência, como bancos, iluminação adequada, lixeiras. Algumas são sujas e malcheirosas. À noite são utilizadas como dormitório e ambiente de práticas ilícitas, fato agravado pela inexistência de policiamento a pé. As edificações que ladeiam essas vias raramente possuem acessos e janelas, piorando a situação de insegurança.

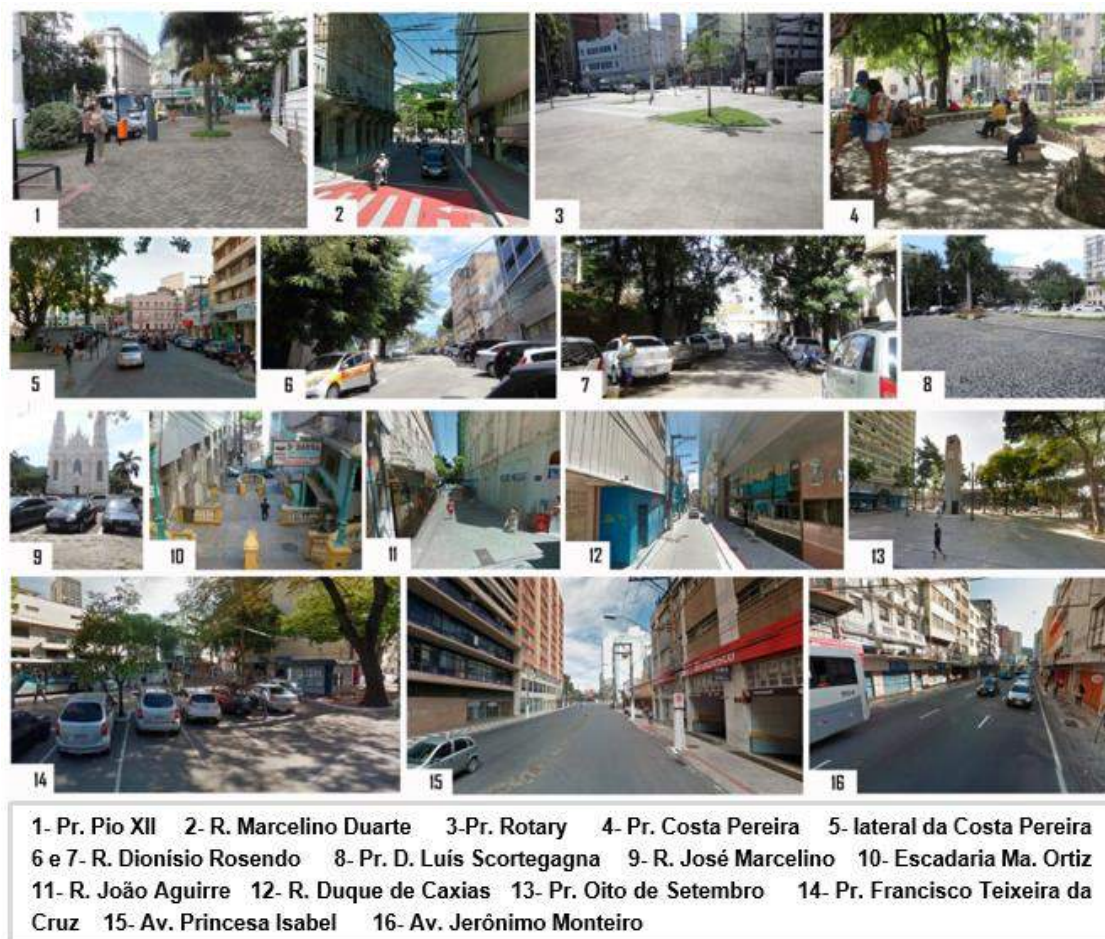


Figura 4. Fotos da área de estudo – 2015

A seguir apresentamos os principais aspectos concernentes à acessibilidade e conforto, bem como proposições para reabilitação de cada via pesquisada.

4. ANÁLISE E PROPOSIÇÕES

A pesquisa estudou as praças e vias da área demarcada no centro histórico, demonstrados no mapa da Figura 3. Neste artigo enfoca-se especialmente a análise das vias, que é apresentada a seguir.

A R. Marcelino Duarte (Fig. 4, foto 2) possui um fluxo leve, com duas faixas de rolamento, e liga a Praça Pio XII à Praça Rotary. O primeiro trecho, entre a Av. Mal Mascarenhas de Moraes e a Av. Princesa Isabel, possui calçadas estreitas com arborização e vagas de estacionamento, e o segundo trecho, entre a Av. Princesa Isabel e a Av. Jerônimo Monteiro

(Fig. 4, foto 16), possui calçadas largas sem arborização, é ladeado pelo Sesc Glória à Oeste e um alto edifício empresarial à Leste com poucas lojas no térreo. Configura uma área que necessita fortemente de requalificação no primeiro trecho. Para melhorar a acessibilidade, é proposta a retirada das vagas de veículo do lado Oeste da via, a adequação do posto de combustível – que ocupa toda a calçada, a reforma das calçadas com o seu alargamento e realocação da faixa de pedestres, atualmente na entrada de veículos do posto. O segundo trecho da via (Fig. 4) possui um grande potencial para implantação de biovaletas, canteiros pluviais e arborização urbana, requerendo também a inserção de mobiliário.

Numa esquina entre a Costa Pereira e a Av. Jerônimo Monteiro, a Praça Rotary (Fig. 4, foto 3 e Fig. 8) é um grande largo, de fluxo constante de pessoas. O piso é impermeabilizado, salvo por três pequenos canteiros sem arborização, acarretando insolação intensa e alagamento em período de chuvas. Propõe-se a arborização, uso de jardins de chuva e a substituição por piso permeável, além da implantação de bancos e paisagismo.



Figura 7. Calçada na R. Marcelino Duarte - 2015



Figura 8. Praça Rotary - 2015

Inaugurada em 1928, a Praça Costa Pereira (Fig. 4, foto e Fig. 9) é considerada o coração da cidade. Rodeada por ruas de paralelepípedo, seu entorno é de fluxo de carros lento e o de pedestres é constante por conta do comércio. Há duas faixas de rolamento, com estacionamento em todo o entorno. As calçadas possuem largura adequada, mas não há arborização. Propõe-se a implantação de canteiros pluviais e biovaletas na praça, bem como um reservatório subterrâneo para minimizar os frequentes alagamentos.



Figura 9. Praça Costa Pereira-2015



Figura 10. Rua Dionísio Rosendo-2015

Ligando a Cidade Baixa à Alta, a R. Dionísio Rosendo (Fig. 4, foto 6) é estreita, tortuosa e íngreme, com faixa única de rolamento e estacionamento dos dois lados. O fluxo de carros é constante e lento. As calçadas são estreitas e esburacadas, com degraus, com árvores e postes que dificultam a passagem (Fig. 10). O segundo trecho da rua, na Cidade Alta, também tem apenas uma faixa de rolamento e vagas dos dois lados, com fluxo lento de carros. As calçadas apresentam melhores condições mas há árvores e postes mal localizados. Possui sombreamento e temperatura amena, devido à abundância de árvores. No primeiro trecho da R. Dionísio Rosendo propõe-se a remoção das vagas de veículos do

lado Sul da via e a remoção de bloqueios nas calçadas priorizando a acessibilidade. Na calçada sul propõe-se a implantação de biovaleta como forma de drenagem que não sobrecarregue a rede tradicional. No segundo trecho propõe-se o remanejamento das calçadas e remoção das vagas de carros de um dos lados da via.

A situação da Duque de Caxias (Fig. 4, foto 12) demanda uma drástica mudança de perfil viário, readequação dos usos de edificações abandonadas. Propõe-se a remoção das vagas de veículos e o alargamento das calçadas, mantendo apenas uma faixa de rolamento. Propõe-se a substituição do asfalto pelo paralelepípedo para diminuir a velocidade dos carros, aumentar a permeabilidade e dar continuidade com a pavimentação do centro histórico no entorno. Para suprir a necessidade de estacionamento na via há a possibilidade de transformação de um dos edifícios abandonados em garagem. É necessária uma melhor distribuição de usos ao longo da via e incentivo para abertura de estabelecimentos como mercados, lojas, bares, restaurantes e atividades culturais, promovendo o pedestrianismo.

A R. José Marcelino (Fig. 4, foto 9), que circunda a Catedral, é tomada por estacionamento de veículos. Propõe-se a reforma e reativação da fonte que existe no centro da praça, a instalação de mais bancos e a arborização do local, adequada para que não bloqueie a vista da fachada principal da Catedral, ícone turístico e histórico. Propõe-se, ainda, a remoção do estacionamento de todo o entorno da Catedral, que pode ser substituído pela implantação de um edifício garagem no terreno abandonado ao Norte da igreja (Fig. 12), atualmente usado como estacionamento e a pavimentação da via com paralelepípedo, de forma a estabelecer maior unidade ao Centro Histórico.



Figura 11. Praça D. Luiz Scortegagna - 2015



Figura 12. Terreno abandonado na R. José Marcelino - 2015

A R. João Aguirre (Fig. 4, foto 11) é uma via de pedestres que recebe frequentemente vendedores ambulantes e termina em um largo em frente à Av. Jerônimo Monteiro e à Praça Oito de Setembro. Propõe-se a arborização urbana, uso de canteiros pluviais e implantação de bancos, bem como uma faixa de pedestre que conecte o largo à Praça 8 de Setembro. Esta praça tem espaço suficiente para a introdução de jardins de chuva e canteiros pluviais bem como a implantação de uma garagem subterrânea, com entrada pela Jerônimo Monteiro e saída pela Mal. Mascarenhas de Moraes, para liberar as ruas.

As avenidas Princesa Isabel e Jerônimo Monteiro possuem problemas como grande poluição do ar, sonora e visual e calor excessivo. Há grande quantidade de pedestres durante todo o dia. Porém, as calçadas apresentam largura insuficiente e ausência de arborização. Uma solução viável é o uso de jardins verticais nos edifícios que possuem empenas cegas, bem como telhados verdes nas edificações que assim permitirem.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

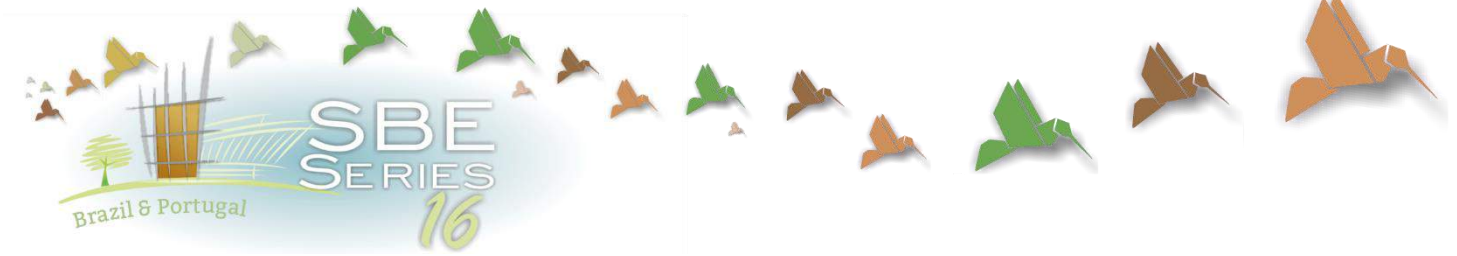
Os problemas com o sistema de espaços livres observados em Vitória são similares aos de outras tantas cidades brasileiras: escassez e má qualidade de espaços livres públicos e de áreas verdes; rara arborização urbana; inexistência de critério técnico de implantação da vegetação; variações nas dimensões das calçadas, falta de acessibilidade, privilégio de automóveis, especialmente em áreas mais dinâmicas, excesso de carros estacionados nas ruas e áreas livres, barulho e poluição. A pesquisa física e as entrevistas permitiram diagnosticar quais áreas do percurso necessitavam mais urgentemente de intervenção e em quais essa intervenção traria maiores benefícios. Dada a natureza dos problemas e a importância da área, as diretrizes de intervenção englobam soluções de infraestrutura verde articulada a outras infraestruturas cinzas e aspectos de planejamento urbano no sentido mais abrangente, como mudanças de uso, incorporação de ruas ao Circuito Cultural, remoção de estacionamentos na rua e implantação de edifício garagem, de forma a promover a reabilitação urbana e ambiental, com foco no pedestre.

Observou-se diversas dificuldades que podem ser encontradas para a implantação de corredores verdes urbanos, de ordem física e estrutural, de ordem financeira ou política, o que foi considerado nas proposições apresentadas. A despeito das limitações para a requalificação de um ambiente urbano consolidado, observou-se que é possível melhorar significativamente a qualidade de vida nas cidades com estratégias simples, mas de grande impacto. Buscou-se criar uma rede de ambientes qualificados para a vivência urbana, de forma a valorizar os percursos históricos e comerciais, o conforto térmico, a eficiência de drenagem e priorização do pedestre. As propostas corroboram com as políticas públicas em vigor para revitalização do Centro.

Conclui-se que a infraestrutura verde se configura como uma estratégia de planejamento e desenho urbano que possibilita a requalificação dos espaços livres – a rua, as praças e parques, bem como as áreas de preservação, especialmente as mais inseridas na malha urbana - reforçando-os como fundamentais para a resiliência urbana, a qualidade de sua ambiência, a qualidade de vida e a manutenção das relações sociais. A existência de espaços livres com qualidade favorece o pedestrianismo, as atividades ao ar livre, a interação social e as saúdes individual e urbana.

REFERÊNCIAS

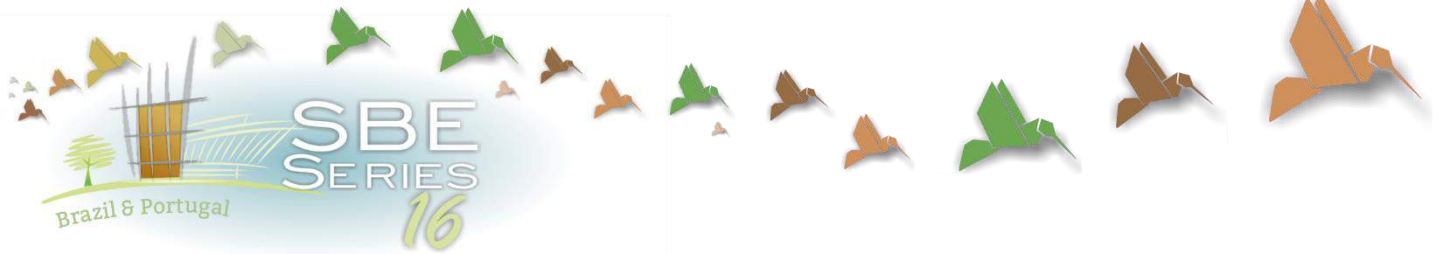
- Ahern, J. 2002. *Greenways as Strategic Landscape Planning: Theory and Application*. Netherlands: Wageningen University.
- Bonatto, D.A.M. 2014. Corredores verdes e resiliência urbana: entre o planejamento urbano e o planejamento da paisagem. *ANAIS 12º ENEPEA*. Vitória: UFES.
- CABE. <http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20110118095356/http://www.cabe.org.uk/sustainability>
- Campos, V.B.G. s/d. *Uma visão da mobilidade urbana sustentável*. Disponível em <http://aquarius.ime.eb.br/~webde2/prof/vania/pubs/%283%29UMAVISAODAMOBILIDADE.pdf>.
- Ghel, J. & Gemzoe, L. 2002. *Novos Espaços Urbanos*. Espanha: Gustavo Gili.
- Jacobs, J. 2011. *Morte e Vida nas Grandes Cidades*. 3ª ed. São Paulo: WMF Martins Fontes
- Lamas, J.M.R.G. 1990. *Morfologia urbana e desenho da cidade*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbekian.
- Penteado, H.M. & Alvarez, CE. 2007. Corredores verdes urbanos: estudo da viabilidade de conexão das áreas verdes de Vitória. *Paisagem e Ambiente*, v. 24, p. 57-68.



Chapter 11

Governance and strategies for a sustainable built environment

SBE16 Brazil & Portugal
Sustainable Urban Communities towards a Nearly Zero Impact Built Environment
ISBN: 978-85-92631-00-0



LEED Certification and the new Standard of Sustainable Construction in Colombia

Andrés Peláez Ospina

Universidad Pontificia Bolivariana (UPB), Medellín, Colombia
andres.po.6@hotmail.com

Alexander González Castaño

Universidad Pontificia Bolivariana (UPB), Department of Architecture, Grupo de Arquitectura, Urbanismo y Paisaje, Medellín, Colombia
alexander.gonzalez@upb.edu.co

Laura Marín Restrepo

PVG Arquitectos, Medellín, Colombia
Universidad del Bío Bío, Doctorado en Arquitectura y Urbanismo, Concepción, Chile
lauramarin@pvgarquitectos.com

ABSTRACT: The Decree 1285 of 2015 is the new standard for sustainable construction in Colombia, with technical parameters and design guidelines adopted by Resolution 0549. This normative has increased public and private interest in the subject, in order to develop a sustainable construction industry. However, there is a lack of technical and practical knowledge in architects and builders, and the recent process of training on sustainability guidelines and its relation to the standard are insufficient to shape a critical mass for its application in architectural process. This situation constitutes a commercial opportunity for the promotion of LEED certification in Colombia and their representatives. They having publicity stated in academic events and media, that compliance with a LEED certification is enough to fulfil the guidelines of the Sustainable Construction standard. However, this statement lacks technical support, turning a model of visual, media and distorted sustainability. This paper evaluates the real water and energy consumption of an office building with LEED Gold certification in Medellín and its relation to the sustainable construction standard, with the aim to determine if a building with LEED certification can reach the goals established by the Colombian standard. The results show differences of 172% in energy consumption and 81% in water consumption between the real and the expected consumption. This suggests that there is no guarantee to meet the standard through a payment of a foreign system, but it threatens the expectation of sustainable construction in Colombia.

Keywords *Sustainable Design Education, Greenwash, Sustainable Construction, LEED Certification, Energy consumption, Water consumption.*

INTRODUCTION

The Decree 1285 of 2015 is a new standard in Colombia that proposes sustainable construction guidelines for buildings, aimed to improving the quality of life of inhabitants and to promote the implementation of actions with environmental and social responsibility from the construction industry (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio Republica de Colombia 2015a)

In order to apply the Decree 1285, technical parameters and design guidelines were adopted by Resolution 0549 of July 10th, 2015 (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio Republica de Colombia 2015b). This resolution is intended to establish minimum percentages of consumption and saving strategies of water and energy in buildings, through the adoption of the Sustainable Construction Guide (Annex 1 of Resolution 0549), with the intention to project an efficient operational life of buildings.

Even though the new standard of sustainable construction only regulates energy and water items, setting aside a more systemic vision of sustainability, it is an academic and professional challenge for Colombia. The real-estate market does not involve systemic sustainability criteria, as qualifications of the architectural design process in their business models, having a limited and short-range vision of the sustainability as optional and as an extra cost for construction. Such fundamental aspects as the inherent relationship between place, architecture and user, are not part of the daily reflections of architects and builders, a situation that has resulted in a design crisis, where formal and aesthetic explorations take precedence over technical and scientific basis.

For this reason, the mandatory regulation will have a meaningful impact on the development of construction through the application of bioclimatic analysis, energy efficiency, and water resource management, as guidelines for construction licenses in Colombia according to Resolution 0549. From a critical perspective, it is possible to estimate some response situations, before the entry into force of this regulation in July 2016. The first will be a systematic rejection of the application of Decree 1285, by the construction sector, foreseen situation due to the level of disinformation of the details and scope of the standard.

Because of this situation, it is necessary to consider that the Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, will need to increase diffusion mechanisms and define clear evaluation criteria for fulfilling the decree. Nevertheless, while this process happens is predictable an increase in updating processes of professionals, to understand and apply the terms of reference of this new standard.

While these situations occur, either a positive application of the rule from the updating and training of professionals or a critical rejection against to implementation of a regulation that can be weakly promoted by the State, it is also expected a model of commercial opportunism, associated with the sale and purchase of LEED certification in Colombia. In other words, the construction sector is in risk of continuing and increasing the practices of pseudo-sustainability as Greenwash, in response to the standard of sustainable construction (González et al. 2012)

Evidence of this trend has as a starting point in the media attention generated by the energy crisis in the country and the scenarios of global warming and climate change, with their marked impacts on the construction industry (Edwards 2006). However, from a more critical point of view, it is necessary to highlight the weak academic and professional character of some professional sectors, favouring the implementation of foreign, decontextualized and even expensive models, over a science and technology *glocalised* management model, as a starting point for the development of a sustainable construction industry in Colombia (AMVA & UPB 2015).

According to the previous statement, professional associations assigned to the United States Green Building Council (USGBC), are seeking the implementation of LEED certification system in the country without a critical review of it, from a technical and economic point of view. The process of analysis and marketing of LEED system, developed for seasonal weather conditions, is applied without any consideration of geographical and climatic conditions of the diverse regions of Colombia. In opposite to this condition is necessary to emphasise that Resolution 0549, have as a starting point for the energy efficiency and saving water analysis, the incidence of four types of climate differentiated for major regions of the country.

However, after the publication of the Decree 1285 in 2015, academic events and public declarations took place, in which it was stated that 182 projects in Colombia, until July 2015, where LEED certifications were applied, which sums up to a total of 3.7 million m², "... [They] come surpassing the minimum efficiency established by the guidelines for saving water and energy in buildings..." (Consejo Colombiano de Construcción Sostenible 2015).

Such statements generate more confusion than clearness in the process of analysis and qualification of sustainable construction in Colombia. The literature review, with reference to the energy performance of certified buildings in the United States, the native country of the LEED system, shows that LEED buildings in the city of New York are not more efficient in energy consumption than buildings uncertified (Scofield 2009). In fact, there is also evidence that LEED buildings can consume more energy than non-certified buildings (Menassa et al. 2012).

Given this situation, it is necessary to establish from an objective point of view, if the application of the LEED system in Colombia is valid and a guarantee to fulfil the requirements of the Decree 1285, with its statutory Resolution 0549. This analysis is, therefore, the overall objective of this article, developed by professionals and researchers in the field of bioclimatic design, energy efficiency and sustainable construction in the Colombian context, with more than 15 years of experience.

1. METHODOLOGY

To perform this research, an office in Colombia, was taken as a study case. This building has a LEED Gold certificate, under the application of the system LEED O + M: Existing Buildings v3 - LEED 2009 (U.S. Green Building Council 2009), which focuses on existing buildings and certifies the operations and maintenance activities, has implemented. The study case is localised in Medellín, Colombia, city with a mild weather according to the Resolution 0549 (Annex 2). The building has a built office area of 50,000 m², and an average population of 4,000 people.

Based on the consumption data on energy and water obtained from an internal source of the analysed building (Alis Restrepo 2014), correlations between aspects of LEED certification and Decree 1285 were made, with analytical work performed in two stages:

1.1 Analysis of LEED O + M and the respective results of the case study

The scope of the first stage corresponds to the study of the chapters of the LEED certification, with the purpose of identifying the requirements to obtain it. The information is reviewed from the certification guide in the web page of LEED System (U.S. Green Building Council 2009). In this process, the points of energy efficiency and water efficiency are checked to determine the level of sustainability that compliance with these factors represent for the classification.

Finally, public information recorded in the study case "scorecard" is reviewed to determine its particular level of performance in energy and water, connecting their level of certification as a sustainable building. This information is available online in the LEED system, from where it was taken (USGBC 2016).

1.2 Theoretical Exercise of application of Resolution 0549 on the building.

In a second stage, verification of energy and water performance of the study case building were made. Real consumption of energy and water were analysed, regarding energy consumption and water from the guideline of resolution 0549. It was calculated the level of savings required in the study case, according to the percentages of mandatory reduction in water and energy consumption, according to their use and the climate zone where the project is located.

The analysis conditions for the study case correspond to an office building located in mild weather. The baseline type indicated by the resolution 0549 is presented in Table 1. The table shows the values for all the weathers and it is highlighted the mild weather, where the building is located.

Table 1. Baseline of Energy and Water Consumption for an office building according to Resolution 0549.
Adapted of Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio (2015b)

Office Building Baseline	Cold	Mild	Warm dry	Warm humid
Energy Consumption (kWh/m ² /year)	81,2	132,3	318,2	221,3
Water Consumption (l/per/day)	45,0	45,0	52,0	45,8

Starting from the consumption per m² benchmark, the expected water and energy consumptions were projected, considering the building area and its population. It is important to emphasize that the estimated data will correspond to a building that does not include sustainability criteria. Afterwards, the savings percentages established by the Resolution were applied, considering those percentages that will be required at a national level from 2017. The percentages of water and energy savings are presented in Table 2.

Table 2. Percentages of savings for office buildings in the second year of implementation of the resolution.
Adapted of Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio (2015b)

Saving percentages relative to baseline of office buildings (%)	Cold	Mild	Warm dry	Warm humid
Energy	30	30	40	30
Water	30	35	45	20

With the projections of the buildings consumption and the reductions needed according to the parameters of the Resolution, the case should ensure savings of 30% in energy and 35% in water, regarding the benchmark defined for the weather of Medellin. Therefore, it will be expected that a building with energy efficiency and water saving criteria should reach the consumptions calculated. Regarding the objective of this paper, especially a building with LEED certification, as the study case, should have a consumption with the savings calculated, according to the affirmations of the Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (2015).

2. RESULTS

2.1 LEED Certification O+M and Score of Study Case

According to the checklist of the LEED v4 for Operations & Maintenance: Existing Buildings, there are 110 potential points. Figure 1 shows the range to different certificates depending on the obtained points.



Figure 1. LEED certification rating system. Based of online checklist (USGBC 2014)

The points are classified into 7 categories: Sustainable sites (26 points), water efficiency (14 points), energy & atmosphere (35 points), material & resources (10 points), indoor environmental quality (15 points), innovation (6 points) and regional priority (4 points).

Figure 2 shows the seven categories and its respective points.

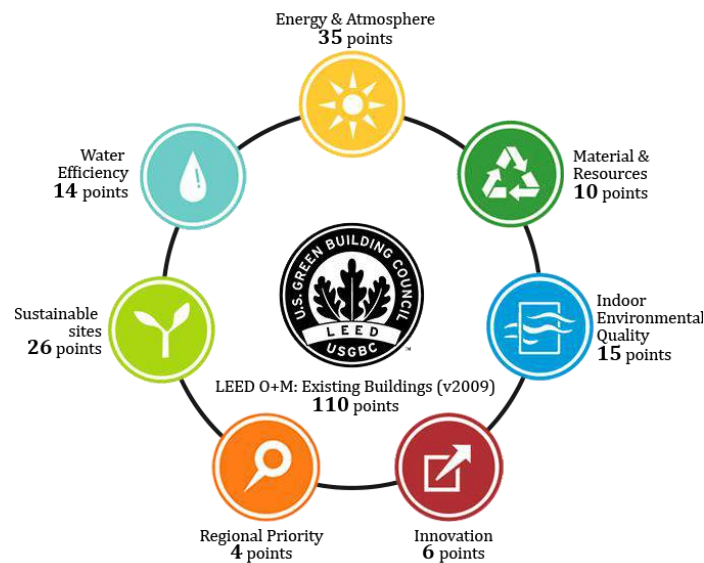


Figure 2. Categories LEED O+M and assigned points. Based of online checklist (USGBC 2014)

With this information, it is possible to deduce that, even if no significant scores are reached in energy and water, whose values added are equivalent to 49 points, it could be obtained from a Certified to a Gold certification level, with the 61 points remaining in the other categories.

The LEED certification process requires the fulfilment of three conditions related to energy and atmosphere: Monitoring the consumption of the building, not using cooling gases with high impact on the greenhouse effects and to be subjected to an assessment of energy performance, executed under Energy Star system's parameters. The report on that last condition will only determine the points to be certified for energy, without conditioning the level of certification for a minimum range of compliance. The water

efficiency category only has one prerequisite, a minimum indoor plumbing fixture and fitting efficiency. It is worth noting that the use of efficient fittings, is part of the national normative about hydraulic performance of buildings since 1998.

Figure 3 shows the case study scorecard summary. The study case reached a total of 73 points of 110 possible. Only 33 of those are related to the performance of the project on water and energy use, out of a total amount of 49 achievable points on these topics in the LEED system.

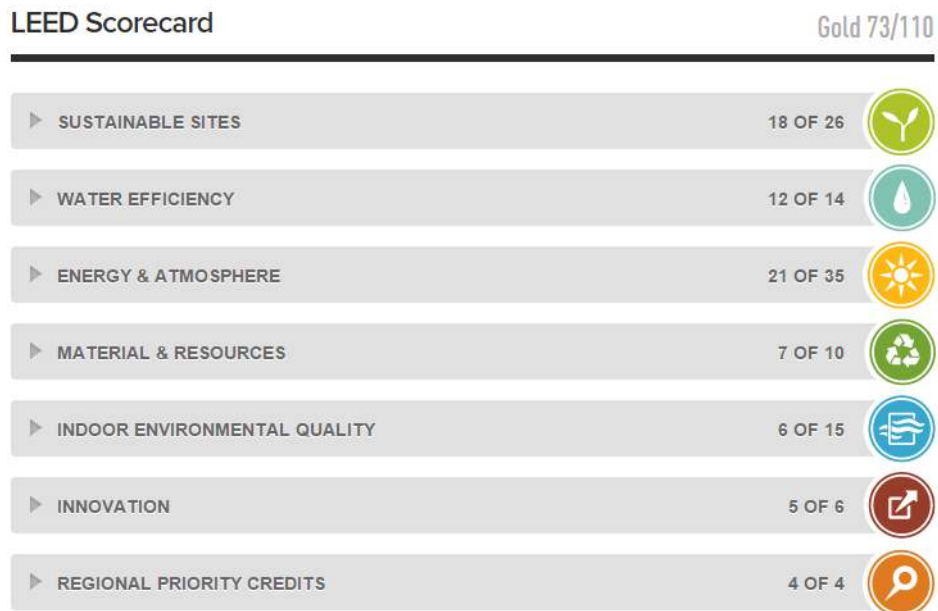


Figure 3. Study case Scorecard. Source: USGBC (2016)

The energy and water points obtained by the case study, only represent 45% of the possible certification points. A detailed view of the points in water and energy categories does not find a direct relation to the requirements associated to Resolution 0549 (Figure 4), although energy certification points are developed under a model of analysis Energy Star that may be used in the methodology for the Colombian standard. However, this analysis is developed with a database of buildings in climate, economic and cultural contexts different to the Colombian context.

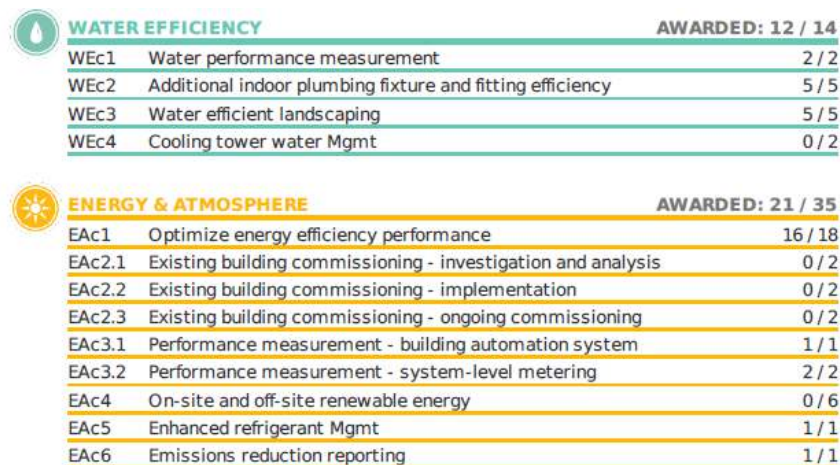


Figure 4. Detailed points for water and energy categories. Score obtained by the study case

2.2 The Study Case expected performance according to Resolution 0549 and real consumption of the building

If is considered that a LEED certified building can exceed the minimum ranges of energy and water efficiency established by Resolution, a LEED Gold certification should be near or above to the maximum level range to reach the application of the regulation in its full implementation. In order to determine this aspect it is necessary to know the real consumption of the building and its relation with the expected performance according to Resolution 0549.

The data of annual energy consumption of the study case over the past six years, are presented in Figure 5. It is important to highlight that since the entry into operation of the building in 2010, it has reduced its energy consumption by 23% by 2015, passing from a consumption of 16,640,867 kWh in 2010 to 12,762,052 kWh in 2015, thanks to the internal management.

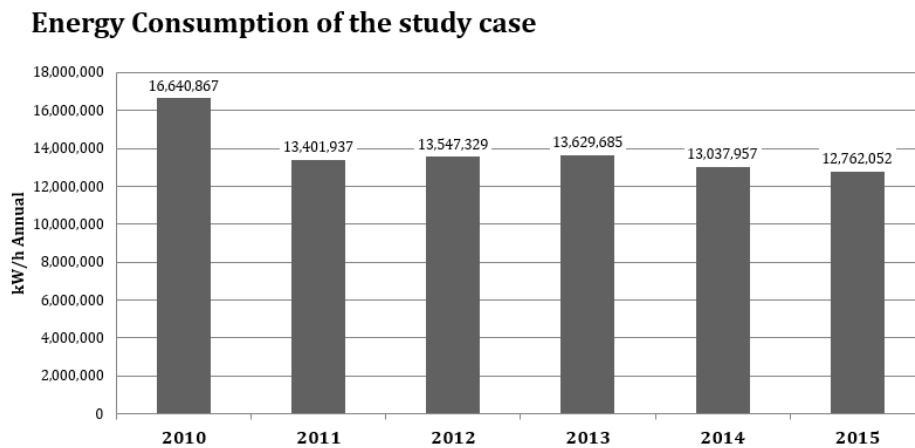


Figure 5. Annual energy consumption of study case 2010 to 2015. Source: Building operator, 2015

The energy consumption includes spaces for a different use from offices, which are responsible for 3% of annual energy consumption of the building, equivalent to 7623 kWh of the 12,762,052 kWh consumed in 2015. Consequently, the analysis will be performed with a value of 12,634,428 kWh annual, corresponding only to the office consumption.

The results of the energy consumption projection and energy consumption goal according to the baseline in the Resolution 0549 are presented in Table 3. The energy consumption projection is calculated based on the built office area of the building, excluding parking lots and areas with different uses, equivalent to 50,000 m².

Table 3: Energy consumption projection and energy consumption goal. Based in Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio (2015b)

Energy	
<i>Built area Case of Study (m²)</i>	<i>50,000</i>
Baseline (kWh/m ² annual)	132.3
Average annual energy consumption of study case (kWh)	6,615,000
Mandatory percentage reduction (%)	30%
Annual energy consumption goal of study case (kWh)	4,630,500

The data in Table 3 show that in the study case, an office building located in a mild weather, with 50,000 m², would have a baseline annual consumption of 6,615,000 kWh. Applying the 30% mandatory reduction is determined that the annual energy consumption, should be 4,630,500 kWh. Faced this benchmark, the consumption of the last year of the building, estimated at 12,634,428 kWh, exceeds the baseline in 8,003,928 kWh annual, i.e. 172%.

Regarding water sub-item, Figure 6 shows the values of global consumption the years 2014 and 2015, only data available from the building operator.

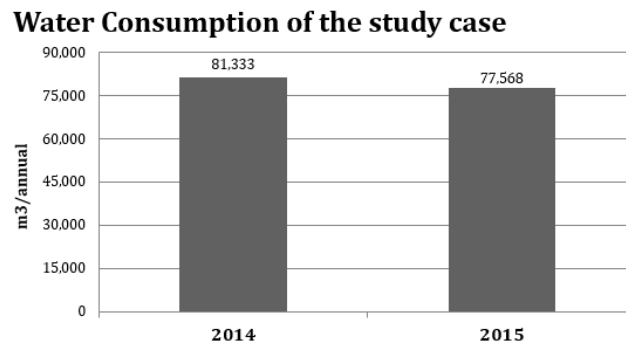


Figure 6. Annual water consumption of study case 2014 and 2015. Source: Building operator, 2015

The results of the water consumption projection and water consumption goal according to the baseline in the Resolution 0549 are presented in Table 4. The water consumption is calculated based on 4000 people, average population in the building.

Table 4: Water consumption projection and energy consumption goal. Based in Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio (2015b)

Water	
Total of people in the building	4000
Baseline (l/person/day)	45
Average annual water consumption of study case (m ³)	65,700
Mandatory percentage reduction (%)	35%
Annual water consumption goal of study case (m ³)	42,705

In relation to the baseline of the Resolution, the study case with 4000 people using the building, would have an annual base water consumption of 65,700 m³ as shows Table 4. Applying the mandatory percentage of reduction corresponding to 35%, a total of 42,705 m³/year of water is obtained as consumption goal. Therefore, it is established that the current consumption, corresponding to 77.568 m³/year of water in 2015, is 81% above the limit of savings defined by the Resolution.

Conclusion

The analysis carried out in the study case as a benchmark of a certificated LEED Gold building and its comparison with Resolution 0549, allows to identify the level of complexity that must be anticipated by architects and builders to face the immediate implementation of the new standard for sustainable construction in Colombia, the Decree 1285, from several aspects. The first one refers to a necessary criticism approach, to the analysis process of baseline and savings percentages defined by Resolution 0549. The

results of the study case related to the resolution, allow establishing that their level of energy and water performance, corresponding to a conventional building, is not even adjusted to the baseline of the city, even when it has proved a consumption reduction in the last years.

However, this theoretical exercise was made with an existing building and it is possible that the differences found in this research may be produced because they were not originally designed under efficiency parameters and recommendations of the guide attached to the Resolution, even when it is a sustainable building with a LEED certification. Remains then the possibility that only new buildings, designed under efficiency parameters and according to the Design Guide, have the option of reaching the level of demand required by the Decree. This affirmation should be the subject of an investigation, after this work and in an urgent way, because the imminent entry into effect of the Decree 1285 and its Resolution 0549.

Nevertheless, against the backdrop of difference that was established in energy and water between the study case and the parameters of resolution 0549, it is also plausible that the reference values of the baseline of the resolution should be reviewed, considering a baseline level over dimensioned and therefore impossible to achieve by any building.

On the other hand, concerning the aim of this paper, it must be affirmed that ensuring direct correlations between LEED certification and compliance with the requirements of the Resolution 0549 is perceived as a greenwash mechanism, rather than a critical and objective contribution to sustainable construction in Colombia.

The results of the study case, a building with a LEED Gold certification, facing the efficiency ranges of Resolution 0549, show differences in performance of 172% in energy consumption and 81% in water consumption. This suggests that the guarantee to achieve the requirements of the Resolution, through a payment of a foreign seal, distorted in its own origin, is not only naive but an ethical irresponsibility against the expectation of sustainable construction.

Furthermore, a review of the LEED system allows identifying that according to its operation, the certification can be obtained without significant scores on energy and water items. Although it is necessary to fulfil some prerequisites, the level of energy efficiency and water consumption that these can mean for a building in a context like the Colombian, and its relationship to the new standard of sustainable construction in this country, is still a topic under review.

However, this highlights the need for local responses to achieve a real systemic sustainability, through public policies that are already being implemented in some cities, and the real commitment of the building sector to reach goals beyond a certification or standard compliance.

ACKNOWLEDGEMENTS

To Juan Esteban Restrepo Alis, who shared his master's degree thesis and provided updated information for the consumptions of the study case.

REFERENCES

- Alis Restrepo, J.E., 2014. *Metodología para la evaluación energética de edificios comerciales en Colombia basados en estándares y normas internacionales*. Universidad Nacional de Colombia.
- AMVA & UPB, 2015. *Política Pública de Construcción Sostenible para el Valle de Aburrá*. Lineamientos 1st ed., Medellín. Available at: <http://www.metropol.gov.co/construccionsostenible/Pages/inicio.aspx>.
- Consejo Colombiano de Construcción Sostenible, 2015. Gobierno Apoya la Construcción Sostenible con la Guía para el Ahorro de Agua y Energía en Edificaciones. *Observatorio de la Construcción Sostenible*, pp.1-5.
- Edwards, B., 2006. *Guía básica de la Sostenibilidad* 2nd ed., Barcelona: Gustavo Gili.
- González, A., Isaza, J.C. & Penagos, G., 2012. LEED certification in Colombia ;At the edge between sustainable design and greenwash. *Proceedings - 28th International PLEA Conference on Sustainable Architecture + Urban Design: Opportunities, Limits and Needs - Towards an Environmentally Responsible Architecture*, PLEA 2012, (November). Available at: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84886800469&partnerID=tZ0tx3y1>.
- Menassa, C. et al., 2012. Energy Consumption Evaluation of United States Navy Leed Certified Buildings. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 26(February), pp.46-53. Available at: <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Energy+Consumption+Evaluation+of+U.+S.+Navy+LEED-Certified+Buildings#3>.
- Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2015a. *Decreto 1285 de 2015, por el cual se modifica el decreto 1077 de 2015 - Decreto Único Reglamentario del Sector de Vivienda, Ciudad y Territorio, en lo relacionado con lineamientos de construcción sostenible para edificaciones*, Colombia.
- Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2015b. *Resolución 0549*, Colombia. Available at: <http://www.minvivienda.gov.co/ResolucionesVivienda/0549-2015.pdf>.
- Scofield, J.H., 2009. A Re-examination of the NBI LEED Building Energy Consumption Study. *Energy Program Evaluation Conference*, (October), pp.764-777.
- U.S. Green Building Council, 2009. *LEED 2009 for Existing Buildings Operations and Maintenance Rating System*, Washington. Available at: <http://www.usgbc.org/resources/leed-2009-existing-buildings-current-version..>
- USGBC, 2014. Checklist: LEED v4 for Building Operations and Maintenance. Available at: <http://www.usgbc.org/resources/checklist-leed-v4-building-operations-and-maintenance>.
- USGBC, 2016. Proyectos LEED en Colombia. Available at: <http://www.usgbc.org/projects?keys=Colombia>.



Socioeconomic study of domestic water consumption in the Federal District, Brazil

Daniel Sant'Ana

University of Brasilia, Faculty of Architecture and Urbanism, Department of Technology, Brasilia, Brazil
dsantana@unb.br

ABSTRACT: Based on the hypothesis that variables such as the cost of water, family income, household size and building typology affect the way water is consumed, this paper describes the results obtained from fieldwork and discusses domestic water consumption for different residential building types of high, mid-high, mid-low and low income dwellings in the Federal District. An econometric model and correlation analysis, using primary data collected in fieldwork, have been estimated for a water demand function in order to understand what lies behind domestic water consumption in the Federal District. The correlation analysis carried out shows a good relationship between indoor water consumption and built area (0.63), dwelling income (0.49), and number of residents (0.37). Estimated water consumption function has shown a relationship between dwelling income and built area. Through multiple regression, indoor and outdoor water consumption functions were estimated for the Federal District. The coefficient of cost of water presented a positive relationship showing that water demand is inelastic to water price due to the fact that water tariff is low, there is no substitute for water, and water tariff represents a small fraction of household income. This study has shown that domestic water consumption increases proportionally to the increase in household income and that it is a function of income, cost of water, household size and typological characteristics of built area.

Keywords *Water Demand, Domestic Water Consumption, Correlation Analysis, Econometric Model*

1. INTRODUCTION

A great deal of economic research has been carried out over pricing policies as a mechanism for managing domestic water consumption. The efficiency of pricing policies is dependent upon the price elasticity of domestic water consumption, where, the higher the elasticity, the more effective the policies are (Arbués, Villanúa et al. 2010). Empirical studies indicate that consumer-response to changes in the cost of water is correlated with a series of explanatory variables affecting domestic water demand (Espey, Espey et al. 1997). Numerous econometric models have been estimated by making use of income as an independent variable of water demand function in order to identify adequate price rate structures for water charging (i.e. Billings and Agthe 1980; Agthe and Billings 1987; Niewswiadomy and Molina 1989; Hewitt and Hanemann 1995; Dalhuisen, Florax et al. 2003).

Generally, income is a measure of purchase power and is commonly associated with living standards and level of education. Income can have an effect over the perception of water cost. High income households might not be as responsive to water pricing as low income households (Agthe and Billings 1987). Worthington and Hoffman (2008) point out that estimates of income elasticity in the literature indicate that domestic water consumption is income inelastic and small in magnitude. Although results are consistent with income inelasticity, sample bias might have a role to play. The authors argue that most studies were carried out in populations with similar household income, and that domestic water demand might prove to be income-elastic in an income-diverse situation, such as those found in developing economies.

If domestic water consumption is measured at the household level, the number of residents should have a positive association with water use, since occupancy has a direct influence on water consumption. Studies demonstrate that household size is correlated with domestic water consumption (Barrett and Wallace 2009; Schleich and Hillenbrand 2009; i.e. Arbués, Villanúa et al. 2010). It is expected that, the larger the number of residents in a household, the bigger the consumption will be. However, it has been found that the increase in domestic water consumption is less than proportional to the increase in household size (Arbués, García-Valiñas et al. 2003; Worthington and Hoffman 2008). Research focused on household size and domestic water consumption indicated that domestic water consumption per capita is inversely related to the number of residents in a dwelling (Arbués, Villanúa et al. 2010). Such aggregated statistical analysis of household size and domestic water consumption per capita suggests that the greater the number of residents in a dwelling, the lower the rate of per capita consumption. This indicates that domestic water consumption is not only associated with the number of persons in a household, but also with other communal uses (i.e. irrigation, cleaning, floor-washing, swimming pool, etc.).

A series of studies indicate that domestic water consumption varies according to residential building typology (i.e. Thackray, Cocker et al. 1978; Russac, Rushton et al. 1991; Loh and Coghlan 2003; Troy and Holloway 2004; Zhang and Brown 2005; Fox, McIntosh et al. 2009). According to Fox et al. (2009), a significant relationship between physical property characteristics and domestic water consumption can be found. An investigation carried out by Russac et al. (1991) found that water consumption was higher in detached houses and lower in flats. A study focusing on indoor and outdoor domestic water usage for single and

multi-storey and dwellings found that multi-storey dwellings used less water than single residential dwellings (Loh and Coghlan 2003). This might be attributed to the typological characteristics of residential multi-storey buildings, since flat dwellings contain communal garden areas, and therefore can have a lower water consumption rate on outdoor activities than house dwellings with individual gardens.

Clearly, domestic water consumption can be affected by a series of variables. These explanations can vary from place-to-place leading to differences in patterns of water consumption. Countries with different national income and built-types are most likely to present distinct patterns of domestic water consumption. With these issues in mind, this study sets out to understand what lies behind domestic water consumption in the Federal District, Brazil, based on the hypothesis that variables such as the cost of water, family income, household size and building typology affect domestic water consumption.

2. METHODOLOGICAL APPROACH

The approach to assess domestic water consumption was through the use of statistically representative sites and residential typologies for different income ranges. As a starting point, this investigation set out to understand and compare domestic water consumption by cross referencing geo-demographic and socio-economic indicators as well as secondary data of dwelling typology in the Federal District to point out statistically representative regions for analysis. As a result, eight Administrative Regions (ARs) in the Federal District were selected for primary data collection. Two ARs were selected according to the country's four main income groups following the Brazilian Institute for Geography and Statistics standards for household income subdivision in minimum wages (m.w.): i) low income – 1 to 5 m.w.; ii) mid-low income – 5 to 10 m.w.; iii) mid-high income – 10 to 20 m.w.; and iv) high income – above 20 m.w.

Lago Norte and *Lago Sul* ARs were selected for analysis due to their similar dwelling typology (houses ranging from 220 m² to 400 m²), highest water consumption rates (12.9 – 20.4 m³/month/person), and average monthly income equivalent to ~21.7 and ~26.5 minimum wage (m.w.) respectively. *Brasília* and *Águas Claras* ARs were selected for analysis because they contain the largest number of flats in the Federal District (from 60 m² to 120 m²) with household monthly income of ~12.05 m.w. *Taguatinga* and *Candangolândia* ARs were selected mainly because of their dominant dwelling typology of houses ranging between 60 m² and 120 m² and because their water consumption rate represent the average water consumption per capita of the mid-low income group. *Celiândia* and *Samambaia* contained the highest number of habitants and are therefore capable of providing a significant representative sample for analysis, with a dominant house dwelling typology below 60 m² and a low income of ~2.41 m.w. ~2.89 m.w. respectively.

In order to explore the relationship between domestic water consumption and cost of water, family income, household size and residential dwelling typology this study made use of face-to-face questionnaire survey over a stratified random sample size of 481 dwellings. The face-to-face questionnaires were applied to houses and flats in order to collect quantitative data on indoor water consumption, outdoor water consumption, number of residents, income, cost of water, built area and garden/yard area. For monthly water expenses, residents were asked to consult a recent water bill. In Brazil, water bills present data of

monthly dwelling water consumption for the past 12 months as well as information on water and sewage block-rate tariffs. In order to estimate monthly outdoor water consumption, residents were asked about their water-using habits of external faucets, after their flow rates were measured.

A correlation analysis between a series of variables related to domestic water consumption, household composition and dwelling characteristics was performed and their relationship measured with Pearson's coefficient. Coefficients which indicated a predictive relationship between variables of indoor and outdoor water consumption were reported and used in a regression analysis to estimate the domestic water consumption function. Multiple regression allowed the development of indoor and outdoor water consumption models generating a prediction tool for domestic water consumption based on a set of explanatory variables.

3. RESULTS

3.1 Income

Residents were asked to inform their dwelling's gross income. Table 1 summarizes findings. In total, 12% of the respondents did not know or refused to provide the dwelling's gross monthly income. From those who did answer, 2% of the dwellings were rated as poor (less than R\$ 800 monthly), 23% presented a low income (between R\$800 and R\$4,000 per month), 20% had a mid-low income (between R\$4,001 and R\$8,000), 18% with mid-high income (between R\$8,001 and R\$16,000) and 26% of the dwellings presented a high income (above R\$16,000 per month).

Table 1. Average income per administrative regions

Administrative Regions	Mean Income per Dwelling			Mean Income per Capita		
	m.w.	R\$/month	Std. Dev.	m.w.	R\$/month	Std. Dev.
<i>Lago Norte / Lago Sul</i>	27.45	21,630	1,835	6.86	5,405	1,261
<i>Brasília / Águas Claras</i>	20.28	15,980	3,405	7.46	5,878	2,012
<i>Taguatinga / Candangolândia</i>	11.78	9,283	3,117	3.19	2,514	1,314
<i>Ceilândia / Samambaia</i>	4,35	3,428	2,106	2.27	1,788	1,977

m.w.: monthly minimum wage

3.2 Household size

It was observed that the majority of high income dwellings had maids and, in some cases, gardeners or housekeepers, who had a place to stay in the household, and therefore, these workers were considered as residents of the dwelling due to the fact that they are key-consumers of water. Mid-high income dwellings had maids that would come to work on a daily basis and return to their own homes at evening or, would either work 1 to 3 days during the week. In this case, they were not considered as residents. Few mid-low income dwellings had maids working at the home and no low income dwelling had a maid.

High income dwellings (*Lago Norte* and *Lago Sul*), mid-low income dwellings (*Taguatinga* and *Candangolândia*), and low income dwellings (*Ceilândia* and *Samambaia*) presented an average of 5 residents per dwelling, while mid-high income dwellings (*Brasília* and *Águas Claras*) had the lowest number of residents, an average 3 residents per dwelling. Taking all the income groups together, the average was equal to 4.3 residents per dwelling in the Federal District.

3.3 Residential typology

Lago Norte and *Lago Sul* dwellings were either ground floor bungalow houses (65%) or one story detached houses (35%) with a mean built area of 427m². Due to strict local land use planning laws, the constructible area within a mean 1,738m² plots are limited, and therefore contain mean roof projections of 373m² and extensive vegetated gardens of 1,364m². Almost every home had an extension with a barbeque area next to a swimming pool (mean volume of 53m³).

All of *Brasília* and *Águas Claras*' dwellings were flats, with an mean built area of 91m². Having different urban planning laws, *Brasília* and *Águas Claras* residential building blocks differed in size and built form. Due to *Brasília*'s urban planning, the residential building stock consisted of dominantly horizontal high rise buildings with 4 or 6 storey high rise buildings. With a mean roof area of 1,095m², the number of flats per floor varied from 8 to 16. *Águas Claras*' residential building stock on the other hand, had a dominant vertically shaped high rise buildings ranging from 12 to 25 storey high. Most residential buildings contained 4 flats per floor, having a mean roof area of 434m². Flat dwellings from both *Brasília* and *Águas Claras*, did not have individual gardens, these were commonly found within communal grounds surrounding the residential building blocks.

The majority of the dwellings from *Taguatinga* and *Candangolândia* were ground floor bungalow houses (86%) the remaining were one story detached houses (14%). With a mean dwelling built area of 141 m², the houses had a mean roof area of 130m². These homes did not have a vegetated garden, instead, they had cemented yards of a mean 80m². Few of *Taguatinga* and *Candangolândia* dwellings did have a swimming pool (3.5%), with a mean volume of 35m³. No water features were found within the dwellings. Dwellings from *Ceilândia* and *Samambaia* were either ground floor bungalow houses (85%) or one storey terraced houses (15%) with a mean built area of 110m². Having a mean roof area of 97 m², most dwellings analysed had cemented yards with a mean 74m² area. No swimming pools or water features were found.

3.4 Water consumption

Annual water consumption data gathered from historic billing records ranged from a minimum 36m³ per dwelling per year to a maximum 732m³ per dwelling per year, and a mean ranging from 180 m³ to 481m³ per dwelling per year. It is observed that the higher the income, the higher the annual water consumption. High income house dwellings from *Lago Norte* and *Lago Sul* had the highest annual water consumption rate with a mean 481m³ per annum. Mid-high income flat dwellings from *Brasília* and *Águas Claras* presented a mean water consumption rate of 243m³/year, mid-low income house dwellings from *Taguatinga* and *Candangolândia* 216m³/year and low income house dwellings from *Ceilândia* and *Samambaia* 180m³/year (Figure 1). Overall, outdoor water consumption from external faucets represented 13% of domestic consumption and consisted mainly of garden irrigation and floor washing.

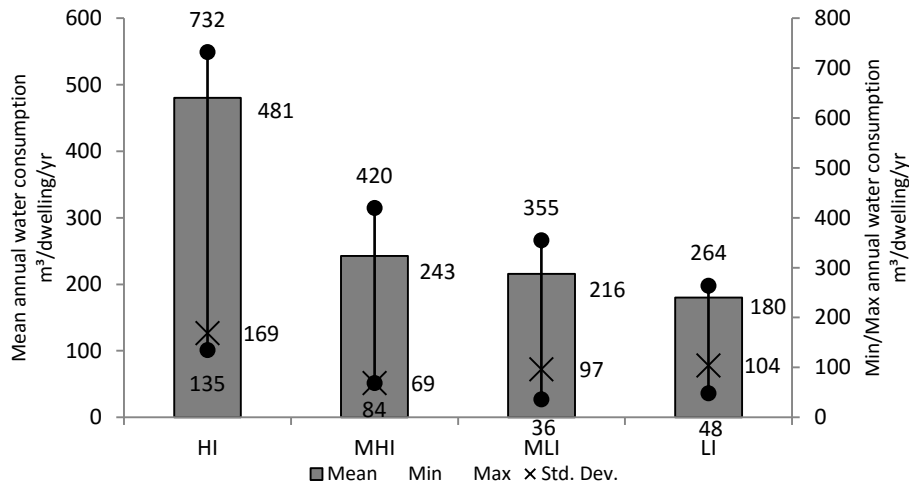


Figure 1. Annual water consumption per dwelling

3.5 Correlation and regression analysis

To evaluate the strength of statistical correlation between the variables of indoor water consumption, outdoor water consumption, number of residents, dwelling income, cost of water, built area and garden/yard area, a matrix of simple correlations was carried out using Pearson coefficient. Results shown in Table 2 indicates that indoor water consumption had a very strong relationship with water tariff (0.90) and dwelling built area (0.63), a substantial relationship with dwelling income (0.49) and a moderate relationship with the number of residents (0.37). Outdoor water consumption on the other hand, presented a substantial relationship with garden/yard area (0.49) and a moderate relationship with dwelling income (0.32). Dwelling income also had a substantial relationship with dwelling built area (0.47) and garden/yard area (0.42). These correlation coefficients are significant at the 1% or 5% level, that is, they are statistically significantly different from zero at 99% or 95% level of significance.

Multiple regressions allowed the development of indoor and outdoor water consumption models generating a prediction tool for domestic water consumption based on a set of explanatory variables. The estimated regression for indoor water consumption, displayed a relatively strong variation in function of number of residents, dwelling income, cost of water and built area, with $R^2 = 0.881$ $p < 0.001$ (Equation 1). This value shows that 88.1% of the variance in indoor water consumption can be predicted from the number of residents, dwelling income, cost of water and built area.

$$D_{Indoor} = 3.82 + 0.11N_r + 0.09I_d + 0.71C_w + 0.24A_b \quad (1)$$

(2.40)
(3.19)
(2.16)
(5.79)
(17.30)

$$R^2 = 0.88 \quad F = 192.5$$

D_{Indoor} = Indoor Water Consumption (m³/month)

N_r = Number of Residents (person)

I_d = Dwelling Income (R\$/month)

C_w = Cost of Water (R\$/month)

A_b = Built Area (m²)

In parenthesis, the value of t-statistics

Table 2. Correlation matrix

	Domestic Water Consumption (m ³ /month)	No. of Residents	Dwelling Income (R\$/month)	Cost of Water (R\$/month)	Built Area (m ²)	Garden Area (m ²)	Outdoor Water Consumption (m ³ /month)	Garden Water Cost (R\$/month)
Domestic Water Consumption (m ³ /month)	1	.365**	.489**	.905**	.632**	.190*	.095	.132
		.000	.000	.000	.000	.048	.380	.220
	N	119	111	119	117	108	88	88
No. of Residents		1	.032	.315**	.099	-.083	-.170	-.109
			.742	.000	.289	.393	.114	.313
	N	119	111	119	117	108	88	88
Dwelling Income (R\$/month)			1	.408**	.474**	.423**	.323**	.275*
				.000	.000	.000	.003	.011
	N	111	111	111	109	103	84	84
Cost of Water (R\$/month)				1	.475**	.184	.068	.081
					.000	.057	.528	.452
	N	119	111	119	117	108	88	88
Built Area (m ²)					1	.326**	-.074	-.006
						.001	.495	.959
	N	117	109	117	117	108	88	88
Garden Area (m ²)						1	.491**	.357**
							.000	.001
	N	108	103	108	108	108	87	87
Outdoor Water Consumption (m ³ /month)							1	.937**
								.000
	N	88	84	88	88	87	88	88
Garden Water Cost (R\$/month)								1
	N	88	84	88	88	87	88	88

**Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

*Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Since $F=192$ is significant, the regression equation helps us to understand the relationship between the water consumption and the other variables. Predictions from this model are reliable and statistically significant at $p=0.001$ and $F=192.446$. This provides evidence of existence of a linear relationship between water consumption and the explanatory variables. The t-statistics for the above independent variables and their associated 2-tailed p-values indicated a reliability of $p<0.033$. The constant of the estimated indoor water consumption model equivalent to 3.82, suggests that dwellings consume a minimum of subsistence amount of 3.82 m³ of water per month, regardless of the dwelling's income, number of residents, cost of water and built area.

Equation 2 presents the regression for monthly outdoor water consumption. The result shows a near perfect relationship with garden/yard area and cost of water, with $R^2 = 0.906$ (116), $p<0.001$, indicating that 90.6% of the variance in outdoor water consumption can be predicted from garden/yard area and cost of water. Predictions from this model are reliable and statistically significant with $p=0.000$ and $F=405.933$.

$$D_{Outdoor} = 1.21 + 0.87C_w + 0.18A_{gf} \quad (2)$$

(2.58)
(24.24)
(5.02)

$$R^2 = 0.90 \quad F = 405.9$$

$D_{Outdoor}$ = Outdoor Water Consumption (m³/month)

C_w = Cost of Water (R\$/month)

A_{gf} = Garden/Floor Area (m²)

In parenthesis, the value of t-statistics

The result indicates that the cost of water has a greater effect on the predicted value of outdoor water consumption than garden/floor area. T-statistics and their associated 2-tailed p-values indicated a reliability of $p<0.012$. The outdoor water consumption model indicates a constant value of 1.21, which suggests that dwellings consume a minimum amount of 1.21 m³ of water per month for garden irrigation and/or floor washing, regardless of the cost of water and garden/yard area. The model also shows that outdoor water consumption is predicted to rise 0.18 m³/month for every m² of garden/floor area. Although the cost of water was expected to be negatively related to outdoor water consumption, our equation indicates that the relationship is positive. This might be due to the fact that water tariff is low, and the cost of water does not affect outdoor water consumption negatively, since water demand is inelastic to water consumption. Moreover, there is no substitute for water, a low level of consumer's perception on water rates structure and the water tariff represents small fraction of household income.

4. CONCLUSION

Based on the hypothesis that variables such as cost of water, family income, household size and building typology affect the way water is consumed this paper sets out to understand what lies behind domestic water consumption in the Federal District, Brazil. Overall, a direct relationship between dwelling income and water consumption could be observed, where, the higher the income, the higher the water consumption rate. High income dwellings presented an average of 481m³ per year, mid-high income flat dwellings an average of 243m³, mid-low income dwellings an average of 216m³ and low income dwellings an average of 180m³ per year.

The correlation analysis carried out shows a good relationship between indoor water consumption and built area (0.63), dwelling income (0.49), and number of residents (0.37). Estimated water consumption function has shown a relationship between dwelling income and built area. The coefficient of cost of water presented a positive relationship showing that water demand is inelastic to water price due to the fact that water tariff is low, there is no substitute for water, and water tariff represents a small fraction of household income.

Results demonstrate that, like in other studies (Arbués, García-Valiñas et al. 2003; Barrett and Wallace 2009; Schleich and Hillenbrand 2009) household size is positively correlated with domestic water consumption. Water demand is predicted to rise 0.11 m³/month for every additional resident per dwelling. The estimated equation shows that dwelling income has an influence over indoor water consumption, where, the higher the income, the greater the consumption at 0.09 m³/month for every R\$/month of income. Also, results indicate that the larger the dwelling, the higher the consumption at 0.24 m³/month per built area. Results similar to a series of studies that show that domestic water consumption varies accordingly to residential buildings typology (Loh and Coghlan, 2003; Russac et al., 1991; Zhang and Brown, 2005).

Although the cost of water was expected to be negatively related to domestic water consumption, where, the higher the cost of water, the lower the consumption, the estimated model indicates a positive relationship. This positive relationship is found in numerous studies for other countries; they have shown that domestic water consumption is price-inelastic (Worthington and Hoffman, 2008).

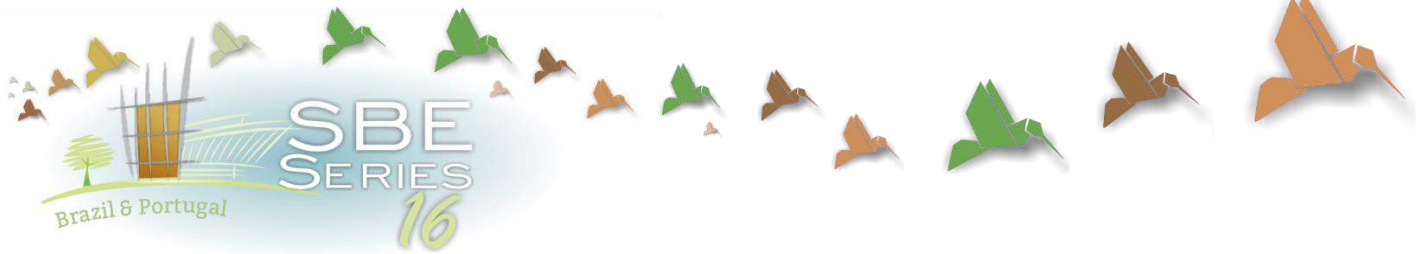
Nauges and Whittington (2010) review what is known and what is missing from that literature thus far that uses data from household surveys to estimate household water demand functions in less developed countries. The findings from the literature on the main determinants of water demand in these countries suggest that, despite heterogeneity in places and time periods studied, authors agree on the inelasticity of water demand in less developed countries.

This positive relationship might also be due to a low water tariff structure, where the cost of water does not affect indoor water consumption negatively. Arbués *et al.* (2003) argues that water demand is inelastic to water price since there are no substitutes for water and because there is a low level of consumer perception on rate structures. On the other hand, expenditure in water represents a very small fraction of household income (Kostas and Chrisostomos, 2006 and Martinez, 2002).

Through multiple regression, indoor and outdoor water consumption functions were estimated for the Federal District. Estimated water demand functions have shown a strong relationship between water consumption and household income, built area and number of residents. One of the main conclusions drawn from this study is that variables of cost of water, family income, household size and building typology are directly related and affect both indoor and outdoor water consumption, and therefore, should be considered for adequate urban water demand predictions.

REFERENCES

- Agthe, D. E. and R. B. Billings. 1987. Equity, price elasticity, and household income under increasing block rates for water. *American Journal of Economics & Sociology* 46(3): 273-286.
- Arbués, F., M. Á. García-Valiñas and R. Martínez-Espiñeira. 2003. Estimation of residential water demand: a state-of-the-art review. *Journal of Socio-Economics* 32(1): 81-102.
- Arbués, F., I. Villanúa and R. Barberán. 2010. Household size and residential water demand: an empirical approach. *Australian Journal of Agricultural & Resource Economics* 54(1): 61-80.
- Barrett, G. and M. Wallace. 2009. Characteristics of Australian urban residential water users: Implications for water demand management and whole of the system water accounting framework. *Water Policy* 11(4): 413-426.
- Billings, R. B. and D. E. Agthe. 1980. Price elasticities for water: A case of increasing block rates. *Land Economics* 56(1): 73.
- Dalhuisen, J. M., R. J. G. M. Florax, H. L. F. de Groot and P. Nijkamp. 2003. Price and income elasticities of residential water demand: A meta-analysis. *Land Economics* 79(2): 292.
- Espey, M., J. Espey and W. D. Shaw. 1997. Price elasticity of residential demand for water: A meta-analysis. *Water Resources Research* 33(6): 1369-1374.
- Fox, C., B. S. McIntosh and P. Jeffrey. 2009. Classifying households for water demand forecasting using physical property characteristics. *Land Use Policy* 26: 558-568.
- Hewitt, J. A. and W. M. Hanemann. 1995. A discrete/continuous choice approach to residential water demand under block rate pricing. *Land Economics* 71(2): 173.
- Loh, M. and P. Coghlan. 2003. Domestic water use study. Perth, Water Corporation: 33.
- Niewswiadomy, M. L. and D. J. Molina. 1989. Comparing Residential Water Demand Estimates under Decreasing and Increasing Block Rates Using Household Data. *Land Economics* 65(3): 280.
- Russac, D. A. V., K. R. Rushton and R. J. Simpson. 1991. Insights into domestic demand from a metering trial. *Water and Environment Journal* 5(3): 342-351.
- Schleich, J. and T. Hillenbrand. 2009. Determinants of residential water demand in Germany. *Ecological Economics* 68(6): 1756-1769.
- Thackray, J. E., V. Cocker and G. Archibald. 1978. The Malvern and Mansfield studies of domestic water usage. *Water Engineers and Science* 64: 37-61.
- Troy, P. and D. Holloway. 2004. The use of residential water consumption as an urban planning tool: A pilot study in Adelaide. *Journal of Environmental Planning and Management* 47(1): 97-114.
- Worthington, A. C. and M. Hoffman. 2008. An empirical survey of residential water demand modelling. *Journal of Economic Surveys* 22(5): 842-871.
- Zhang, H. H. and D. F. Brown. 2005. Understanding urban residential water use in Beijing and Tianjin. *Habitat International* 29(3): 469-491.



Assessment criteria for the level of integration of urban water and land use management

Ana Paula Justi

*Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental, Universidade Positivo, Curitiba (PR),
Arquitetura e Urbanismo, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba (PR)
anajusti@gmail.com*

William Bonino Rauen

*Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental, Universidade Positivo, Curitiba (PR),
Dept. de Hidráulica e Saneamento, Universidade Federal do Paraná, Curitiba (PR)
wbrauen@gmail.com*

ABSTRACT: The growth of population density in urban areas has exacerbated the negative impacts on water resources, such as pollution due to higher effluent discharge and flooding due to soil impermeabilisation. Such problems worsen when public policies and territorial management practices are not integrated. This paper recognizes the importance of integrating water resource management with land use management to provide conditions for urban sustainability. A set of criteria is defined to assess how key Brazilian legislations – the National Water Resources Policy and the City Statute – prescribe aspects of integration in urban areas, and how such integration is performed at the local level based on the corresponding plans – River Basin Management Plan and the city’s Master Plan. Extensive document and literature review were carried out to select and characterize the relevant analysis criteria, as part of a diagnostic framework. In combination with the local legislation and plans, the proposed criteria framework can be used as a data collection tool to assist in the identification of deficiencies and qualities of actions aimed at integrating the efforts of water resource and land use management. Surveys undertaken using this framework may guide the provision of resources to fill management gaps in urban spaces.

Keywords *Integration, Urban Planning, Water Urban Planning.*

1. INTRODUCTION

Urban land use rate and density have been increasing significantly in the last few decades. According to UN (2014), 54% of the world population lived in urban areas in 2014, whereas this number was close to 30% in 1950. It is estimated that, by 2050, approximately 66% of the population will live in urban areas. North America is the most urbanised continent, with 84% of its inhabitants living in urban zones, followed by Latin America and the Caribbean, with 80% (UN, 2014). Besides population growth, urban planners also need to consider spatial scarcity and natural disaster risks, since their planning choices will impact upon spatial and environmental quality of future urban scene (Sutanta et al. 2010). Modifications arising from the spatial dynamics follow territorial restructuring, but they often occur in an uncontrolled way or as a result of non-integrated public policies, which leads to socioenvironmental problems (IBGE, 2015).

Water is indispensable for the survival of most living beings and one of the pillars of sustainable development. Services provided by water resources contribute to the reduction of poverty, economic growth and environmental sustainability (UNESCO, 2015). Tucci (2008) highlights the main urban problems associated with water infrastructure as: inadequate drainage system, which can lead to flooding; inadequate sanitation; occupation of protected spring areas; impermeabilisation and/or canalisation of urban streams and rivers; and inadequate sewage treatment systems, which affect water quality. It is thus necessary to recognise the importance of interdisciplinary work in the search for alternative solutions which, as a whole, may assist in overcoming environmental degradation and socio-spatial segregation (Pereira & Silva, 2011). The possibility of constructing analysis criteria for aspects related to urban resilience and sustainability, for integrated urban management, may assist urban planners and other stakeholders in decision making to identify priority action areas for possible improvement. Having an established set of criteria is an alternative for simplifying a complex problem, such as interdisciplinary urban management, besides making it more comprehensible to all stakeholders involved in the process (Sharifi & Yamagata, 2014). In this context, the aim of this study was to define criteria for analyses of the degree of integration of urban water and land use management, in such a way as to enable the identification of integration constraints and a better alignment of urban public management policy and actions.

2. THE CITY STATUTE AND NATIONAL WATER RESOURCES POLICY

The City Statute was established by federal law 10257/2001, enhancing the application of instruments prescribed by articles 182 and 183 of the Federal Constitution, which deal with urban policy directed to the social function of cities and property. The City Statute improved the influence of municipal Master Plans as a central element of city management, in articulating other instruments (Peres & Silva, 2010). For the purpose of executing urban policy from the perspective of this law, the main elements are: I- national plan, regional and state plans of territorial arrangement and socioeconomic development, II- planning of metropolitan regions, urban agglomerations and micro-regions, III- municipal planning (Brasil, 2001). Subsequent regulatory documents are important steps

in outlining city planning and participatory management, with a view to realise the social function of urban space in all its aspects (Antonello, 2013).

The National Water Resources Policy was established by federal law 9433/1997. The fundamental aspects of this policy are its systemic approach and intersectoral and integrated management of water resources (Wolkmer & Pimmel, 2013). Its pillars are the Dublin principles of integrated river basin management (Tucci, 2004). As such, Brazil may be deemed to be ahead of most other Latin American countries in relation to its water resources management framework, for prescribing advanced concepts such as: adopting the river basin as territorial unit for policy implementation, stakeholder participation in a decentralised and democratic decision making system, which call for inter- and trans-disciplinary approaches (Rauen et al. 2015). The prescribed water management instruments are: national, state and river basin plans; water body classification according to prescribed uses and related water permits, which enable a certain level of control of both water and land use; water usage charges, which serves as an incentive for rational use and aims to reflect the economic value of this resource; and information systems (Brasil, 1997). Another key element of decentralised management is the river basin committee, which is supported by an executive agency (Tucci, 2004). One of the general directives of the national policy is the articulation of water resource and land use management, which is of direct interest in this study (Brasil, 1997).

While being the ideal territorial unit for surface water management, river basins present challenges for articulation and integration with public management in municipalities and other administrative regions (Peres & Silva, 2010). In municipalities, water resources are part of the key directives of the City Statute. However, due to the fact that this aspect is still not well instrumented, despite urban environmental concerns, alternatives are required to help resolve disputes (Peres & Silva, 2013). Thus, from the 1990s the concept of integrated water resource management (IWRM) was developed to articulate best practices adopted by organisations (Grigg, 2014). Para GWP (2000, p. 22), IWRM is “a process which promotes the coordinated development and management of water, land and related resources in order to maximise economic and social welfare in an equitable manner without compromising the sustainability of vital ecosystems”. The Brazilian water resources policy aims to contribute towards sustainable resource use, with a multisectoral approach and deployment of structural and non-structural measures (Silva & Porto, 2003). The search for fair distributive methods that take into account the characteristics of the hydrological system and its interaction with other natural resources and ecosystems characterise a holistic approach, which must encompass local resource demands and threats (GWP, 2000). It should be noted that holistic management involves not only awareness, but also coordination of different human interests and activities that demand water resources while using the land and generating waste (Jonch-Clausen & Fugl, 2001).

3. METHODS

This study encompasses fundamental research aimed at assisting future development and implementation of public policy associated with urban water and land use management. It encompasses socioenvironmental analyses in a wider sense, i.e. not focusing on the characteristics of a single social, environmental, institutional or political condition.

A wide-ranging literature review and document analysis were undertaken to identify principles and analysis criteria for the level of integration of urban water and land use management. Key document repositories both in Brazil and internationally were scrutinised in the period leading up to May 2016, such as: CAPES' Portal de Periódicos, Science Direct, Scielo, public and non-governmental organisations, legislation and the internet. Keywords used as search terms included: integrated territorial management, integrated water resources management, integration of public policies, public policy and urban water management plan, river basin and land use, urban water management and watershed and land use, in addition to their counterparts in Portuguese. Key references used to identify criteria and build the framework presented herein are discussed below. For a more detailed discussion and further information, please see Justi (2016).

4. RESULTS AND DISCUSSION

Table 1 summarises the conceptual division developed herein for application to the principles of water resource and land use management.

Table 1. Principles and dimensions for integration considered in this study

Principles Kidd & Shaw (2007), GWP (2000), Jonch-Clausen & Fugl (2001)	Dimensions	
	Ran & Budic (2016)	Kidd & Shaw (2007)
Natural Systems		
	Political	Sectoral
Human Systems	Territorial	Territorial
	Institutional	Organisational

Firstly, it was considered that integration must take place among the principles of natural and human systems, and encompass both temporal and spatial variability (GWP, 2000; Jonch-Clausen & Fugl, 2001; Kidd & Shaw, 2007). From this perspective and based on the literature review undertaken, it was found that water and land use management practices are more closely related to human systems. Due to being directly linked with spatial issues, human systems must determine resource use and assist in defining development priorities (GWP, 2000).

According to Ran & Budic (2016), there is a weak relationship between the planning and flood management systems, owing to poor urban water management. It can thus be improved and better coordinated if key elements are identified to fill integration gaps. Ran & Budic (2016) identified three dimensions for a systematic analysis of such integration, namely: territorial, political and institutional. In this sense, territorial integration focuses on the consistency of boundary delimitation and alignment of spatial scales, political integration refers to process implementation actions, while institutional integration involves the sharing of contexts.

Kidd & Shaw (2007) identified three major dimensions in human systems: sectoral, territorial and organisational. The sectoral dimension is associated to integrating spatial planning and water management agencies, the territorial dimension is related to spatial boundaries, and the organisational dimension deals with operational strategies to achieve integration.

The principles and dimensions identified in the literature guided the selection of criteria for integrating water resource and land use management, as summarised in Table 2 and described in the following sections.

Table 2. Dimensions and criteria for integration considered in this study

Dimensions	Criteria	Publications
	Integrated strategic agenda	1, 2, 3, 4, 5, 6
Institutional	New institutionalism as systemic planning	2, 7, 8
	Information platform of spatial data	4, 5, 9
Political	Effectiveness of local participation	1, 2, 3, 5, 6, 10, 11, 12
	Relative importance of interests and aspects	6, 8, 13, 14
	Empowerment of the organisational structure	10, 15
Territorial	Multi-scale perspective	16, 17
	Vertical and horizontal integration	1, 3, 5, 10, 15, 18

1: Kidd & Shaw (2007); 2: GWP (2000); 3: Jonch-Clausen & Fugl (2001); 4: Djalante et al. (2013);
5: Ran & Nedovic-Budic (2016); 6: Rauen et al. (2015); 7: Brown et al. (2009); 8: Sharifi & Yamagata (2014);
9: Sutanta et al. (2010); 10: Ashiq & Rahman (2015); 11: Neuvel & Knaap (2011); 12: Rabelo et al. (2014);
13: Ultramari & Rezende (2008); 14: Okeola & Sule (2011); 15: UN (2015); 16: Yu (2014);
17: WBG (2009); 18: Mitchell (2005)

4.1 Integrated strategic agenda

Cross-cutting sectoral integration is key for the development of effective urban public policy (Kidd & Shaw, 2007; GWP, 2000; Jonch-Clausen & Fugl, 2001). Djalante et al. (2013) proposed the integration of agendas for strategic development as an adaptation solution to resist environmental catastrophes. Ran & Nedovic-Budic (2016), in an analysis of integration dimensions between spatial planning and flood risk management, highlighted the importance of articulating practices and wide-ranging strategies among stakeholders, such as: planning authorities, governments, private companies, non-governmental organisations and researchers. Kidd & Shaw (2007) refer to it as interagency integration. It can be seen that IWRM must be connected to different public policy domains, as decisions made by economic stakeholders in most countries have a significant impact on the demand for water and its functions (Jonch-Clausen & Fugl, 2001). A similar perspective was observed in the so-called living laboratory for participatory decentralised catchment management in the Sossego basin, in the state of Espírito Santo, Brasil (Rauen et al. 2015). This project involved integration of different approaches and academic perspectives with the participation of local society and several institutions, from the onset of the diagnostic stage to the implementation of jointly developed management solutions.

4.2 New institutionalism as systemic planning

The IWRM concept is in direct contrast with the traditionally fragmented way in which decisions related to water resources use were made, which fundamentally controlled the demand and provision of water systems (GWP, 2000). In a similar manner, the new institutionalism is broader and more focused on improving the adaptation capacity of institutions, unlike the traditional model of simply adhering to meeting regulatory demands (Brown et al. 2009). Focusing solely on an institutional update would be insufficient if a more sustainable management of urban waters is to be achieved, as that

would contemplate only one of the root causes of the sustainability problem. For instance, while interventions focused solely on environmental education can lead to positive cognitive change, it does not necessarily enhance water valuation and the rules through which this should occur, since such issues are bound by normative aspects and regulation respectively (Brown et al. 2009). This much needed adaptation to urban spatial change can also be associated with urban resilience (Sharifi & Yamagata, 2014). This concept entails adaptation in the sense that a system affected by, say, a natural disaster is not necessarily required to return to a previous equilibrium state; it only requires that, with time, such system can absorb the impacts and self-organise (instead of collapsing and becoming sterile), besides enhancing its learning capacity.

4.3 Information platform of spatial data

According to Ran & Nedovic-Budic (2016), and considering that better communication is one of the integration pillars, geographical information technologies are a potential facilitator of spatial management integration. Efficient application of information technologies can promote bridge building among institutions and stakeholders (Ran & Nedovic-Budic, 2016). It thus becomes possible to improve knowledge and information to promote a broader and more systematic perspective for assessing environmental hazards, risks, vulnerabilities and impacts. This pathway requires better access to knowledge, learning and innovation to permeate the institutional system (Djalante et al. 2013). As pointed out by Sutanta et al. (2010), information related to environmental catastrophes are collected by several agencies and in multiple formats, owing to the multidisciplinary character of such events. Data standardisation efforts can then enhance information exchange and mutual collaboration among specialists, so that adequate assessments and forecasts can be made using the information thus compiled while reducing the risk of poor decision making. Thematic maps of past disasters are required to integrate influences on territorial arrangement, as well as up-to-date risk and landscape hazard maps.

4.4 Effectiveness of local participation

The effectiveness of urban planning projects can be greatly impaired by a lack of definition of the target public of specific policies. This problem tends to arise if questions such as follows remain unanswered: for whom, by whom and how decisions will be implemented. Thus, any successful strategy must highlight and involve all relevant stakeholders in the decision making process (Ashiq & Rahman, 2015). Adequate integration requires an efficient coordination of institutions and stakeholders (Ran & Nedovic-Budic, 2016). This concept is also included in the organisational dimension of Kidd & Shaw (2007), who identified the need for integration of disciplines and interested parties. Ran & Nedovic-Budic (2016) refer to a shared context in the institutional dimension, aimed at establishing and advancing common objectives and principles. This is in agreement with GWP (2000) and Jonch-Clausen & Fugl (2001) who described the importance of stakeholder integration since the planning stage of integrated water management and decision making. For Rabelo et al. (2014), such early stage participation should begin during the elaboration of the Terms of Reference for future river basin management plans, when implementation stages and activities are prescribed. Spatial measures of a given project that are in conflict with local concepts may be opposed to by local communities and stakeholders if they are not adequately discussed and adjusted beforehand (Neuvel & Knaap, 2011).

4.5 Recognition of the relative importance of interests and aspects

The effectiveness of urban interventions by the public sector depends not only on administrative competence, but also on an adequate balance of relevant influences and interests. Thus, effective integration of management aspects must involve the recognition of their relative importance. For Ultramari & Rezende (2008), physical-territorial, economic, political, socioenvironmental and management demands are being prioritised over other urban issues. However, achieving a balanced approach across all sectors and levels is one of the major challenges faced by modern municipal public administration. Similarly, recognising potentialities and appreciating the positive aspects of cities can be important elements in broader strategic planning aimed at achieving long-lasting solutions. An analogy can be made to the weighing of different aspects that influence sustainability and urban resilience as part of an indicator-based decision support system (Sharifi & Yamagata, 2014). This principle was applied in a comparative assessment of sustainable management alternatives for the urban water supply system of the city of Offa, in Nigeria. It was recognised that water supply management encompass several stakeholders and aspects, many of which are not always tangible (Okeola & Sule, 2011).

4.6 Empowerment of the organisational structure

International directives for urban and territorial planning, as prescribed by UN (2015), indicate that the mitigation of deficiencies in executing urban plans requires strong political leadership to be accompanied by adequate partnerships among all relevant stakeholders. Three key aspects must co-exist to enable the implementation of plan elements: transparency and capacity for legal execution, a robust while flexible urban planning and design, and financial feasibility with the best possible cost-benefit (UN, 2015). Institutional development requires political reform for the execution of planning stages, and “at national level to empower local authorities and improve urban governance” (UN, 2015, p.04). Such influences on the coordination of urban planning and social participation have been observed, for instance, in the city of Dhaka, Bangladesh. Ashiq & Rahman (2015) noted that political will and commitment must exist for an effective implementation of integration mechanisms. A major restriction in this case was the institutional composition to promote urban planning in line with a poor existing organisational structure, which has hierarchical gaps of top-down coordination (Ashiq & Rahman, 2015).

4.7 Multi-scale perspective

Urban development must be understood as a live and unique system, with an ecological infrastructure capable of protecting, in the long run, the integrity of natural and cultural landscapes. Spatial techniques used in urban occupation planning must indicate strategic landscape patterns applicable from the national to the local scale, which respect the fundamental ecological systems in directing the land use and growth patterns of cities. Such influences must reach decision making both in urban zones of a regional character and in projects of areas and plots at a smaller scale (Yu, 2014). This concept can be associated with design flexibility, and includes a multi-scale perspective to urban planning. A number of projects undertaken in China involved this perspective, some of which were directly related to urban water management. China has only about 7% of the world's

agricultural land and freshwater resources, but has to meet the food supply demands of about 22% of the world's population, and at least 662 cities with some level of water stress. Such figures highlight the importance of sustainable urban planning integrated with water resources management initiatives in that country, as a matter of survival (Yu, 2014). An iconic example is the *Sino-Singapore Tianjin Eco-city*, as a model sustainable city built from scratch to pursue the ideal of zero impact urban living. The multi-scale perspective as characterised by Yu (2014) is one of the pillars of this model city concept, since its principles must be applicable in different scales (WBG, 2009).

4.8 Vertical and horizontal integration

Inadequate understanding and clarity of legal territorial boundaries create obstacles to urban planning, such as wrongful decision making, competence overlapping and poor coordination of activities and plans (Ashiq & Rahman, 2015). UN (2015) highlights the need for national governments to create urban and territorial planning directives that connect and articulate plans in any physical-territorial remit, in such a way as to support decision making at every level. Many of the problems associated with water resources originate in land use patterns and activities, and the other way round. Thus, it is essential to integrate water and land use planning (Mitchell, 2005). According to Kidd & Shaw (2007), failure to do so arises from poor characterisation of the territorial dimension. Jonch-Clausen & Fugl (2001) associated it with integration of different management levels, and Ran & Nedovic-Budic (2016) associated horizontal integration with improving the consistency of physical-territorial limits, with the same competence level. Ran & Nedovic-Budic (2016) referred to vertical integration as an alignment of spatial planning scales. Thus, it is possible to draw a parallel with Mitchell (2005) in the sense that fragmented responsibilities of one government level to another (municipal to state and so forth) is regarded as vertical fragmentation, while horizontal fragmentation occurs on the same government level, such as in different agencies created for managing agriculture, forests, water resources and economic development. Hence, integration initiatives should encompass and promote information sharing among different legal competencies of surrounding regions and/or physically overlapped remit zones, as well as check the consistency and possible conflicts among the various levels of spatial policies (Ran & Nedovic-Budic, 2016).

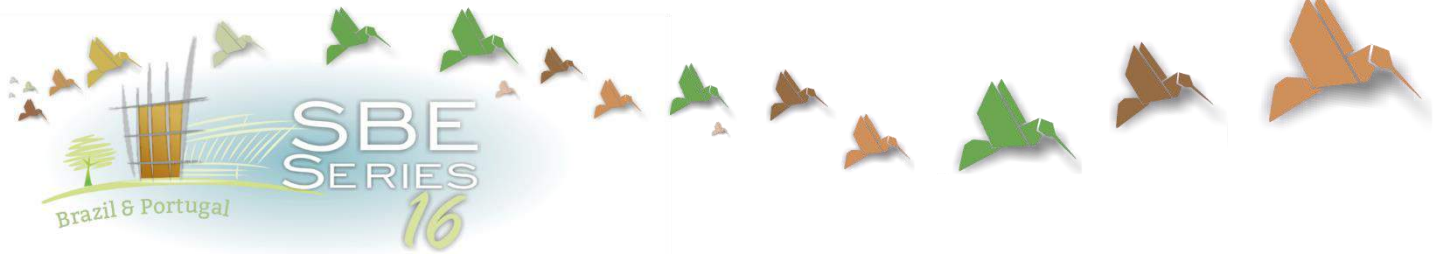
5. CONCLUSION

This paper identified key principles and criteria for integrated urban water and land use management, in terms of their potential to guide analysis of the level of integration of urban policies and practices and identify problem areas. The analysis framework proposed herein can be applied in developing and accessing city master plans and river basin management plans, so that they can be better articulated following the mitigation of integration gaps. It may be used by policy makers, technical staff and stakeholders involved in urban planning to identify pathways for more environmentally-sound decision making, with a particular emphasis on water resources. A case study is being undertaken by Justi (2016) for the city of Curitiba, Brazil, aimed at identifying integration gaps and to suggest subsidies for improving the level of integration of water and land use management.

REFERENCES

- Antonello, I. 2013. Potencialidade do Planejamento Participativo no Brasil. *Sociedade & Natureza*, 25(2), 239–254.
- Ashiq, M.; Rahman, U. R. 2015. Coordination of urban planning organizations as a process of achieving effective and socially just planning: A case of Dhaka city, Bangladesh. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 4, 330-340.
- Brasil. 1997. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei 9.433/1997 - *Política Nacional de Recursos Hídricos*.
- Brasil. 2001. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei Nº 10.257/2001 - *Estatuto da Cidade*.
- Brown, R. R.; Keath, N.; Wong, T. H. F. 2009. Urban water management in cities: historical, current and future regimes. *Water Science & Technology*, 59(5), 847-855.
- Djalante, R.; Holley, C.; Thomalla, F.; Carnegie, M. 2013. Pathways for adaptive and integrated disaster resilience. *Natural Hazards*, 69, 2105–2135.
- Grigg, N. S. 2014. Integrated water resources management: unified process or debate forum? *International Journal of Water Resources Development*, 30(3), 409-422.
- Global Water Partnership (GWP). 2000. *Integrated Water Resources Management*. Technical Advisory Committee Background Papers no. 4.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 2015. *Arranjos Populacionais e Concentrações Urbanas do Brasil*.
- Jonch-Clausen, T.; Fugl, J. 2001. Firming up the conceptual basis of Integrated Water Resources Management. *Water Resources Development*, 17(4), 501–510.
- Justi, A. P. 2016. *Subsídios à integração da gestão das águas com a gestão do uso e ocupação do solo urbano*. Dissertação (Mestrado em Gestão Ambiental). Programa de Pós Graduação em Gestão Ambiental. Universidade Positivo. Curitiba (in preparation).
- Kidd, S.; Shaw, D. 2007. Integrated water resource management and institutional integration: realising the potential of spatial planning in England. *The Geographical Journal*, 173, 312-329.
- Mitchell, B. 2005. Integrated water resource management, institutional arrangements and land-use planning. *Environment and Planning*, 37, 1335-1352.
- Neuvel, J.J.M.; Knaap, W.V.D. 2011. A spatial planning perspective for measures concerning flood risk management. In: Tortajada, C.; Biswas, A. K. (Ed.) *Improving Water Policy and Governance*. Routledge: New York, 155-167.
- Okeola, O.G.; Sule, B.F. 2011. Evaluation of management alternatives for urban water supply system using multicriteria decision analysis. *J. of King Saud University - Engineering Sciences*, 24, 19-24.
- Pereira, G.; Silva, M. N. 2011. Pobreza urbana e degradação ambiental: algumas reflexões sobre Curitiba, Brasil. *Cuadernos de vivienda y urbanismo*, 4(7), 122-135.
- Peres, R. B.; Silva, R. S. 2010. A relação entre Planos de Bacia Hidrográfica e Planos Diretores Municipais: análise de conflitos e interlocuções visando políticas públicas integradas. *V Encontro Nacional da ANPPAS*, 1–20.
- Peres, R.; Silva, R. 2013. Análise das relações entre o Plano de Bacia Hidrográfica Tietê-Jacaré e os Planos Diretores Municipais de Araraquara, Bauru e São Carlos, SP: avanços e desafios visando a integração de instrumentos de gestão. *Sociedade & Natureza*, 25(2), 349–362.
- Rabelo, D.C.; Espluga, J.; Teixeira, E.C.; Brugue, Q. 2014. Citizenship participation in water management plans in the Doce River Basin, Brazil and Catalonia, Spain. *Water Policy*, 16(2), 205-221.
- Ran, J.; Nedovic-Budic, Z. 2016. Integrating spatial planning and flood risk management: a new conceptual framework for spatially integrated policy infrastructure. *Computers, Environment & Urban Systems*, 57, 68-79.
- Rauen, W.B.; Teixeira, E.C.; Girardi, G.; Lopes, M.E.P.A. 2015. Contribuições da pesquisa interdisciplinar à gestão compartilhada de uma bacia hidrográfica experimental. In: Philippi Jr., A.; Fernandes, V. (Ed.). *Práticas da Interdisciplinaridade no Ensino e Pesquisa*. São Paulo: Manole, 599-618.
- Sharifi, A.; Yamagata, Y. 2014. Resilient urban planning: major principles and criteria. *Energy Procedia*, 61, 1491-1495.
- Silva, R. T.; Porto, M. F. A. 2003. Gestão urbana e gestão das águas: caminhos da integração. *Estudos Avançados*, 17(47), 129–145.
- Sutanta, H.; Bishop, I. D. B.; Rajabifard, A. R. 2010. Integrating spatial planning and disaster risk reduction at the local level in the context of spatially enabled government. *Spatially Enabling Society Research: Emerging Trends and Critical Assessment*, 1, 55-68.
- Tucci, C. E. M. 2004. *Desenvolvimento dos recursos hídricos no Brasil*. SAMTAC – GWP.

- Tucci, C. E. M. 2008. Águas Urbanas. *Estudos Avançados*, 22(63), 97-112.
- Ultramari, C.; Rezende, D. A. 2008. Planejamento estratégico e planos diretores municipais: referenciais e bases de aplicação. *Revista de Administração Contemporânea*, 12(3), 717-739.
- United Nations (UN). 2014. *World Urbanization Prospects*. Dept. of Economic and Social Affairs.
- United Nations (UN). 2015. *International Guidelines on Urban and Territorial Planning*. Nairobi GPO.
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation (UNESCO). 2015. *Água para um mundo sustentável*. UN Water.
- Wolkmer, M. F. S.; Pimmel, N. F. 2013. Política Nacional de Recursos Hídricos: governança da água e cidadania ambiental. *Sequência*, 67, 165-198.
- World Bank Group (WBG). 2009. *Sino-Singapore Tianjin Eco-City: a case study of an emerging Eco-City in China*. Technical Assistance Report.
- Yu, K. 2014. A revolução do pé grande. In: Doherty, G.; Mostafavi, M. (Ed.) *Urbanismo Ecológico*. São Paulo: Gustavo Gili, 282-291.



Relevance of embodied energy on building retrofit assessment

Manuela Almeida

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal
malmeida@civil.uminho.pt

Ricardo Mateus

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal
ricardomateus@civil.uminho.pt

Marco Ferreira

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal
marcoferreira@civil.uminho.pt

Ana Rodrigues

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal
anarocha32846@yahoo.co.uk

ABSTRACT: Many regulations and initiatives to promote the reduction of the energy consumption and carbon emissions have been implemented in the building sector. However, they are mostly targeted for new buildings. In order to have an effective impact and reach the goals that are being established, it is necessary to act in new but especially in the existing buildings, which correspond to the majority of the European building stock. Building renovation improves the buildings' energy performance, reducing the carbon emissions related to the operation of the building but the renovation involves adding new materials and technical systems. The production process of these new materials uses energy (embodied energy) and releases carbon emissions. In this sense, after a certain level of energy efficiency, the materials added to the building may have more embodied energy than the energy savings they will lead to. To evaluate the relevance of the embodied energy in building renovation, IEA EBC project Annex 56, developed a methodological framework to evaluate the cost-effectiveness of building renovation solutions which include a life-cycle impact assessment. In this context and using a particular case study, different renovation solutions are compared with and without considering the embodied energy. The results have shown that the embodied energy do not have a major impact on the evaluation of the cost-effectiveness of the renovation solutions, but as the renovation approach gets closer to zero non-renewable energy level, its relevance increases.

Keywords *LCA, Building renovation, energy efficiency and carbon emissions*

1. GENERAL INSTRUCTIONS

In Europe, buildings are an important target for the reduction of energy consumption and related carbon emissions. They are responsible for 40% of the final energy consumption, which leads to 32% of carbon emissions sent to the atmosphere each year. These values are not stabilized, presenting an increasing trend (BPIE, 2011).

In an attempt to slow down the increase of these values, the European Commission has released and reviewed many regulations. A turning point was marked by the EPBD recast in 2010, where new concepts were introduced, namely the cost optimal and nZEB (European Parliament, 2010). Besides, to promote the energy efficiency in different sectors including the building sector, strategies like Europe 2020 and Europe 2030 were also defined (European Commission, 2016). Despite the effort, these legal means are mainly targeted for new buildings and the majority of the European building stock has more than 20 years. Given the low rates of replacement of existing buildings by new efficient ones (1% to 2% per year), the European Union will not achieve its targets unless there is a focus on the renovation of the existing buildings (European Commission, 2011).

Existing buildings have their own technical, functional and economic constraints, which may lead to expensive and complex renovation procedures, hardly accepted by the owners or promoters. This fact may contribute to missing opportunities of improving the buildings energy performance (IEA EBC, 2016). Building renovation may improve the energy performance, but it also increases the investment costs and presents environmental impacts due to new materials and building integrated technical systems (BITS) that will be added to the building (Almeida & Ferreira, 2015). In this sense, to try to address these trade-offs and adapt the new concepts to existing buildings, the IEA EBC launched a project, Annex 56 - Cost-effective energy and carbon emissions optimization in building renovation (Almeida & Ferreira, 2015).

The aim of the project is to develop a methodology for the cost-effective renovation of existing buildings combining energy efficiency measures and the use of energy from on-site renewable sources. The methodology intends to be used by private entities to help in the decision of renovating a building and also by governmental agencies that can use it for regulatory purposes. The methodology developed within Annex 56, balances the energy consumption and the global costs of each renovation scenario in order to compare them. It uses a life cycle approach instead of a payback period method, as established by the methodology for the cost optimal analysis presented by the Delegated Regulation n°244/2012 (European Commission, 2012). In addition to the life cycle costs, the Annex 56 methodology also considers a life-cycle impact assessment (LCIA) method, balancing not only the energy necessary for the operation phase but also the embodied energy and the carbon emissions related to the products manufacturing (IEA EBC, 2016). In existing buildings, the environmental performance is related to the materials added to the building, while in new buildings it is related to the building structure that involves bigger amounts of materials and consequently the impact is much more noticeable (IEA EBC, 2016).

Concerning the existing buildings, a question on whether the embodied energy of the renovation materials and related carbon emissions have a significant weight in the final primary energy use may arise. When the target is a building with a very high energy

performance, a significant amount of materials is added in order to strongly decrease its energy needs and beyond a certain level, the additional savings in energy use might be lower than the embodied energy of the materials being used. When the target is a nearly zero energy building, where besides the very high energy performance there is a significant use of energy from renewable sources, the question is even more relevant once the non-renewable energy that is saved might be very low.

Within Annex 56 methodology and concerning the LCA, the participants in the project reached an agreement on restricting the number of indicators used in the analysis. Since the methodology consists in comparing different renovation scenarios, analysing many indicators could become very time-consuming and useless (IEA EBC, 2016). In this sense, only the GWP (global warming potential), the CED_{NRPE} (cumulative non-renewable primary energy demand) and CED_{TOTAL} (cumulative total primary energy demand) were assessed. The choice is related to the fact that these indicators have good correlation with the remaining environmental indicators considered in the LCA method, as concluded in other studies (Mateus et al, 2013).

Taking advantage of one of the several case studies of the project (Mørck et al, 2015), different renovation scenarios were analysed, with and without the embodied energy, in order to verify its relevance in a renovation process.

2. METHODOLOGY

In this paper, the Annex 56 methodology was applied to a Portuguese case-study. This methodology has five main steps: calculation of the energy use of the building in a reference case (building renovation to restore its functionality without improving the energy performance), the establishment of different renovation scenarios, calculation of the energy use for these alternative scenarios, calculation of the global costs associated with each renovation scenario and life-cycle impact assessment.

It starts with the calculation of the primary energy use in the reference scenario. The primary energy was calculated using the Portuguese thermal regulation (Ministério da Economia e do Emprego, 2013) which follows the ISO 13790 (ISO, 2008). The calculations are performed using a quasi-steady method, considering the indoor comfort temperatures of 18°C during the winter and 25°C during the summer. In these first stages of the analysis, the primary energy is related to the energy necessary for heating, cooling, domestic hot water (DHW) and lighting.

Regarding the contribution from on-site renewables, the electricity generation from the photovoltaic panels is calculated using PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System (<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>)) and the solar thermal contributions is calculated using Solterm (<http://www.lneg.pt/iedt/projectos/370/>).

After this step, it is necessary to establish different renovation scenarios. These scenarios include renovation measures for the buildings envelope and for the BITS. For each of the established renovation scenarios it is calculated the primary energy use, as done for the reference situation.

Then, the global costs are calculated. The global costs calculations are performed using the net present value method or annuity values (IEA EBC, 2014). The global costs include

investment costs, maintenance, replacement costs and energy costs. The investment costs, maintenance and replacement costs are calculated using CYPE® software that generates prices for construction works in Portugal (CYPE Ingenieros, 2014). The energy costs for the first year are retrieved from ERSE, the Portuguese entity that rules the energy prices (ERSE, 2012, 2013). The future costs of the energy are estimated using the European Commission's predictions (European Commission, 2012). The price of the pellets (solution foreseen in several renovation scenarios) is based on a research of the Portuguese market with an estimated increase of 3% per year. A discount rate of 6% is assumed and a lifetime period of 30 years is considered. The described methodology allows comparing the renovation scenarios balancing the energy during the operation phase and the related global costs.

To calculate the environmental performance, it is additionally necessary to quantify the amount of materials and BITS that are added to the building in each renovation scenario. The methodology used for the environmental life cycle analysis (LCA) is based on the EN 15978:2011 (CEN, 2011) and follows the steps of the EN ISO 14044:2006 (ISO, 2006). One of the most important stages of the LCA method is the inventory analysis. In the case of this study, the inventory analysis entails the quantification of the flows for and from each renovation scenario. There are several sources for the inventory data and in this study, the background data related to the considered process units was taken from the Ecoinvent 3.1 database (Weidema et al, 2013). To facilitate the quantification of the environmental indicators, a life cycle analysis software (SimaPro 8.0.5) was used to modulate the life cycle of the analysed renovation scenarios and to assess the abovementioned life cycle impact categories.

3. CASE STUDY

The case study consists of a building built in 1950 which belongs to a social neighbourhood located in Porto, in the north of Portugal. Most buildings in the neighbourhood presented signs of degradation and inadequacy to the current living standards, due to small living areas. These facts justified the decision of renovating the buildings. Figure 1 shows the building before and after the renovation.



Figure 1 General aspect of the buildings a) before the intervention and b) after the intervention

The selected case study has two floors and four apartments, two in each floor. It had no insulation on the envelope and there were no BITS for heating and cooling, apart from portable electric heaters and fan coils. The DHW (domestic hot water) is provided by an electric heater with a storage tank.

Table 1 Summary of the U-values before the renovation

Element	U-values before
Exterior walls	1.38/1.69
Roof	2.62
Windows	5.10

Concerning the building solutions, the exterior walls consisted of single hollow brick walls with cement mortar on both sides, the roof was composed of a lightweight concrete slab and a structure that supports the fibre cement sheets. The floor consisted of a solid ground floor and the windows were wood framed with single glazing with external shutters. The U-values of these elements before the renovation process are presented in Table 1.

From the several renovation scenarios analysed, the implemented one included the increase of the living areas by joining in just one apartment the two apartments per floor and the improvement of the building's envelope. In this context, insulation was added to some of the elements of the envelope, the windows were changed and new BITS were installed. The implemented solution on the envelope included the application of ETICS (external thermal insulation composite system) with 6 cm of EPS (expanded polystyrene) on the external walls. For the roof, the solution consisted in removing the lightweight slab and introducing a suspended ceiling, introducing between the ceiling and fibre cement sheets, XPS (extruded polystyrene) with 5cm thickness. Besides the walls and the roof, the windows were also replaced introducing double glazing. It was decided not to make any intervention on the floor since the low floor to ceiling height did not allow increasing the thickness of the floor. These solutions represent the common building renovation scenario in Portugal.

In order to apply the Annex 56 methodology, two different solutions for the building envelope, which include different insulation materials, were analysed. One presents insulation materials that are usually applied in renovation works (expanded polystyrene and mineral wool) and the other uses cork that, despite being produced in Portugal, is applied less often due to its higher price. Table 2 shows the analysed solutions for the building envelope. In the table, EPS stands for expanded polystyrene, XPS is extruded polystyrene, MW is mineral wool and ICB is insulation cork boards. The analysis always included intervention in almost all elements. In cases where the energy performance was not improved, it was considered just maintenance work, such as painting, repairing cracks and smaller adjustments to solve further malfunction.

Table 2 Summary of the analysed renovation measures for the buildings envelope

Envelope	Wall	Roof	Floor	Windows
Reference	maintenance	maintenance	-	maintenance
A	EPS 10 cm	MW 14cm	MW 8cm	maintenance
B	ICB 8cm	ICB 8cm	ICB 8cm	wood U=2,4
Chosen/applied	EPS 6 cm	XPS 5cm	-	wood U=3,9

Furthermore, these two envelope solutions were combined with four different combinations of BITS. Table 3 shows the above-mentioned combinations of the envelope solutions and the BITS. In total, 8 different combinations were analysed.

Table 3 Summary of the analysed renovation solutions

Combination	Envelope	Heating	Cooling	DHW	REN
Reference	Reference	Electric heater	Multi-split air conditioned	Electric heater w/ storage tank	-
1	A	Multi-split air conditioned	-	Electric heater w/ storage tank	Solar Thermal
2	A	Gas boiler	-	Gas Boiler	-
3	A	Air-source heat Pump	-	Air-source heat pump	Photovoltaic
4	A	Biomass boiler	-	Biomass boiler	Biomass
5	B	Multi-split air conditioned	-	Electric heater w/ storage tank	Solar Thermal
6	B	Gas boiler	-	Gas Boiler	-
7	B	Air-source heat Pump	-	Air-source heat pump	Photovoltaic
8	B	Biomass boiler	-	Biomass boiler	Biomass
Chosen/applied	Chosen	Multi-split air conditioned	-	Electric heater w/ storage tank	Solar Thermal

4. RESULTS OF LIFE CYCLE COSTS ANALYSIS

The life cycle costs analysis started with the calculation of the energy needs and primary energy use of the building for each of the renovation scenarios considered and the calculation of the related global costs.

The results of each renovation scenario are presented in figure 2.

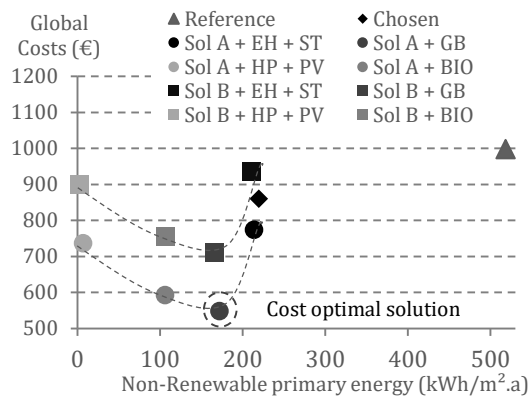


Figure 2 Results of the LCC analysis (non-renewable primary energy values without the embodied energy)

In Figure 2 there are two curves, each one related to a different solution for the building's envelope. The lower curve is related to the solution with current insulation materials and the higher curve considers the cork insulation boards (ICB). Observing Figure 2 it can be concluded that the solution with lower global costs includes current insulation materials, which results from the higher price of ICB. In this sense, the cost optimal solution is achieved with the solution A for the envelope (which consists of 10cm of EPS for the wall, 14cm MW for the roof and 8cm of MW for the floor) and a gas boiler for heating and DHW.

The solutions that allow reducing significantly the primary energy use are the ones using a heat pump and photovoltaic panels, followed by the solutions that use a biomass boiler.

It is important to remind that these results do not yet include the embodied energy.

5. RESULTS OF LIFE CYCLE IMPACT ANALYSIS

After calculating the life cycle costs for the operation phase, it is necessary to calculate the impact of each renovation scenario in terms of GWP, CED_{NRPE} and CED_{TOTAL}. Table 4 presents for each material, BITS or energy vector, the potential unitary environmental impacts for a kilogram of material, one complete BITS system or for a kWh, in the case of the used materials, considered BITS and consumed energy, respectively. In order to have the full impact, those unitary values were multiplied by the total amount of material, BITS or energy.

Table 4 Summary of the SIMAPRO impacts

	Description	GWP [kg _{GEP} CO ₂ /(m ² y)]	CED NRPE [kWh/(m ² y)]	CED TOTAL [kWh/(m ² y)]
Materials	Exterior walls painting	7,36E-04	4,01E-03	4,31E-03
	Repairing and painting windows wood frames	7,36E-04	4,01E-03	4,31E-03
	Black agglomerated cork	3,10E-04	1,86E-03	3,90E-03
	XPS	2,83E-03	7,44E-03	7,54E-03
	Rockwool	2,91E-04	1,42E-03	1,48E-03
	EPS	1,12E-03	7,87E-03	7,95E-03
	ETICS (without the insulation)	2,21E-05	1,16E-04	1,30E-04
	PVC window	6,99E-04	4,46E-03	4,64E-03
	Wood window	4,37E-04	2,16E-03	4,41E-03
	Aluminium window	2,54E-03	1,07E-02	1,22E-02
	Glass (single)	2,63E-04	9,31E-04	9,57E-04
	Glass (double)	3,80E-04	1,53E-03	1,60E-03
	Windows sills (aluminium)	2,25E-03	8,44E-03	1,02E-02
	PVC membrane under floor cork insulation	7,69E-04	6,98E-03	7,12E-03
BITS	Gas boiler	1,02E-01	4,74E-01	5,13E-01
	Air-source heat pump	4,26E-01	5,78E-01	6,10E-01
	Biomass boiler	7,87E-01	2,45E+00	2,60E+00
	Solar thermal	3,59E-01	1,57E+00	1,77E+00
	Photovoltaic	1,05E-01	4,79E-01	5,50E-01
Energy	Electricity (PT energy mix)	6,91E-01	2,74E+00	3,22E+00
	Natural gas	2,62E-01	1,24E+00	1,24E+00
	Biomass	4,50E-02	2,42E-01	1,34E+00

Figure 3 shows the results for the GWP analysis. In the figure, bars 1 to 4 are related to solution A for the building's envelope combined with four different BITS. Bars 5 to 8 include solution B for the envelope, combined with four different BITS.

Observing the figure it is noticeable that the renovation solutions with lower GWP are number 3 and 7, which include the heat pump and photovoltaic panels, followed by the solutions 4 and 8 that include a biomass boiler. The chosen/applied solution is among the worse solutions in terms of GWP and the cost optimal solution (solution 2) also has a high GWP value.

Concerning the CED_{NRPE} the CED_{TOTAL} the results are presented in Figure 4.

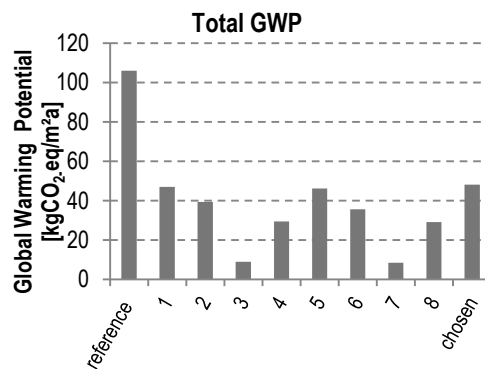


Figure 3 Results of the global warming indicator (GWP)

These indicators present the same trend as the GWP, where renovation solutions 3 and 7 (that include the heat pump and the PV) are the ones with lower CED_{NRPE} and lower CED_{TOTAL} , followed by solutions 4 and 8 (that include a biomass boiler). Both combinations use renewable energy sources, reducing significantly the non-renewable energy use.

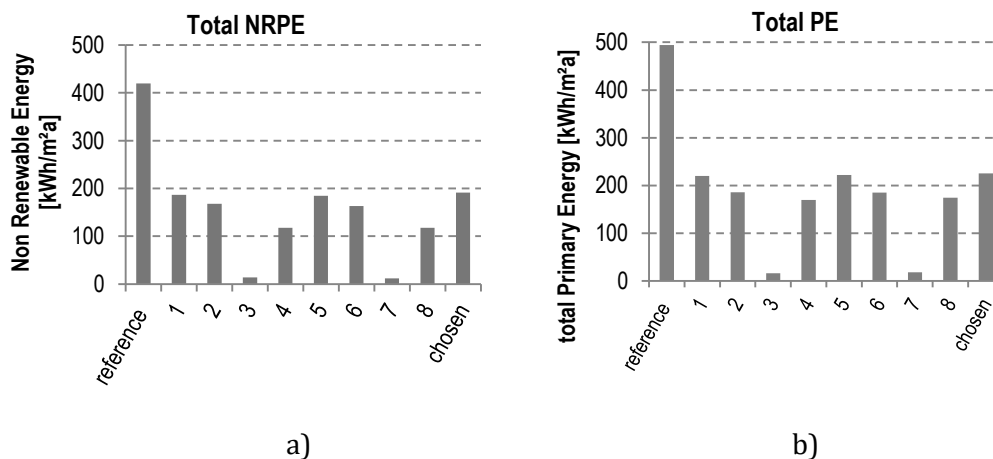


Figure 4 Results of a) the CED_{NRPE} (Non-Renewable energy) indicator and b) CED_{TOTAL}

The results of the comparison between the renovation solutions considering only the primary energy related with the operation of the building and the total primary energy (embodied and operation) are presented in Figure 5.

Observing Figure 5 it is possible to verify that generally there are no significant changes in the results. Solution A for the building envelope combined with a gas boiler is still the cost optimal solution. The inclusion of the embodied energy leads to a slight dislocation of the

points. This is more noticeable in solutions 3 and 7 that without the embodied energy were almost over the vertical axis and with the inclusion of the embodied energy have moved slightly away from the origin.

Besides this, without the embodied energy, solution 7 presents a value of primary energy of 2.78 [kWh/m².y] and solution 3 a value of 6.72 [kWh/m².y]. Considering the embodied energy, the total primary energy reaches 18.01 [kWh/m².y] in solution 7 and 16.33 [kWh/m².y] in solution 3.

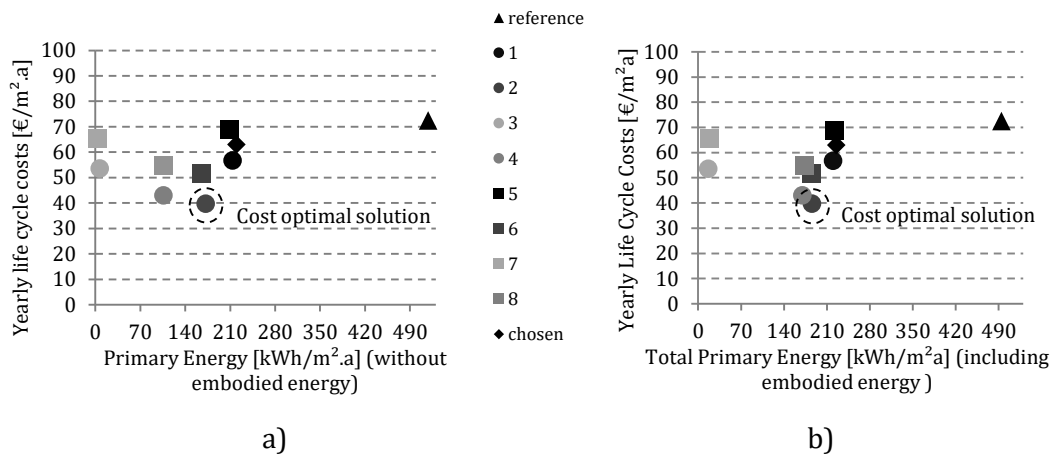


Figure 5 Results of a) primary energy (not including embodied energy) and b) total primary energy (including embodied energy)

Thus, concerning the total energy value, there is a switch of positions between these two solutions. After the inclusion of the embodied energy, solution 3 is the one that leads to the best energy performance while without the embodied energy it was solution 7.

The reference situation presents a high value for the CED_{TOTAL} mostly related to the energy used during the operation phase. In solutions 3 and 7, and given the presence of the renewable energy sources, the CDE_{TOTAL} is mostly due to the impact of the embodied energy of the insulation materials and the BITS (especially the photovoltaic panels).

Unlike other solutions, and when compared to the primary energy (without the embodied energy), the reference solution presents a slight reduction of total primary energy, due to differences in the conversion factor used in the LCA and the grid factor used for the LCC calculations.

6. CONCLUSIONS

Results from the comparison of the life-cycle cost analysis considering only the operational energy and the operational and embodied energy show that the inclusion of the last does not change the cost-effective solutions or the cost optimal renovation packages. On the other hand, in terms of total primary energy, the best renovation package has changed due to differences in the environmental impact of insulation materials used in renovation packages with very low operational energy.

The results for the particular case of Portugal were similar to those achieved in the Annex 56 project for other five case-studies, each one in a different European country.

Embodied energy and embodied carbon emissions were not found very influential in the project's building renovation case studies when the focus is towards cost-effective renovation solutions. However, when the energy performance approaches nearly zero carbon emissions or nearly-zero energy renovation levels, the relative contribution of the embodied energy or embodied carbon emissions rises as far as the renovation becomes significant. In some cases, the renovation packages with the highest energy performance when considering only the energy use are not the ones with the best environmental performance.

These results indicate that when the target is nearly zero carbon emissions or nearly-zero energy renovation levels, the primary energy and carbon emissions optimization for both new and existing buildings should be done using a life-cycle perspective including the embodied impacts.

REFERENCES

- Almeida, M. & Ferreira, M. *IEA EBC ANNEX 56 vision for cost effective energy and carbon emissions optimization in building renovation*. Energy Procedia, Torino, 14-17 June 2015.
- CEN, *EN 15978:2011. Sustainability of construction works. Assessment of environmental performance of buildings. Calculation method*, 2011.
- BPIE. *Europe's building under the microscope, A country-by-country review of the energy performance of buildings*, 2011.
- CYPE Ingenieros, S.A. *Gerador de preços. Portugal*. Available at: <http://www.geradordeprecos.info/>
- ERSE. *Tarifas de gás natural para o ano*, 2013.
- ERSE. *Tarifas de venda a clientes finais dos comercializadores de último recurso em BTN em Portugal*, 2012.
- European Commission. *A Roadmap for moving to a competitive low-carbon economy in 2050*, 2011.
- European Commission. *Climate action*. 2016.
- European Commission. *Commission Delegated Regulation (EU) No 244/2012 of 16 January 2012 supplementing Directive 2010/31/EU of European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings by establishing a comparative methodology framework for calculating cost-optimal levels of minimum energy performance requirements for buildings and building elements*. Official Journal of the European Union L81/18, 2012.
- European Parliament and of the Council. *Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings*. Official Journal of the European Union L153/13, 2010.
- IEA EBC. *Methodology for Cost-Effective energy and Carbon Emissions Optimization in Building Renovation (Annex 56)*, Energy in Buildings and Communities Programme. ISBN: 978-989-95961-6-0. Available at: <http://www.iea-annex56.org/index.aspx?MenuID=1>, 2014.
- IEA EBC. *Life Cycle assessment for Cost-effective Energy and Carbon Emissions Optimization in Building Renovation*, Energy in Buildings and Communities Programme, 2016.
- ISO 13790:2008. *Energy performance of buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling*, 2008.
- ISO 14040:2006 *Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework*, Geneva, 2006.
- Mateus R., Neiva S., Bragança L., Mendonça P., Macieira M. *Sustainability assessment of an innovative lightweight building technology for partition walls – Comparison with conventional technologies*. Building and Environment, volume 67, pp 147-159, 2013.
- Ministério da Economia e do Emprego. *Decreto-Lei nº 118/2013 de 20 de Agosto [Portuguese thermal regulation]*. Diário da República. Portugal: Assembleia da República, 2013.
- Mørck O., Almeida M., Ferreira M., Brito N., Thomsen K., Østergaard I. 2015. *Shining examples analysed within the EBC Annex 56 project*. Energy Procedia, Torino, 14-17 June 2015.
- Weidema B.P., Bauer C., Hischer R., Mutel C., Nemecek T., Reinhard J., et al. *Overview and methodology. Data quality guideline for the ecoinvent database version 3*, St. Gallen, 2013.



The influence of glazed balconies in the thermal comfort in an urban tropical region

Érica Coelho Pagel

Federal University of Espírito Santo, Planning and Project Laboratory, Vitória (ES), Brazil
erica.pagel@gmail.com

Cristina Engel de Alvarez

Federal University of Espírito Santo, Planning and Project Laboratory, Vitória (ES), Brazil
cristina.engel@ufes.br

Neyval Costa Reis Júnior

Federal University of Espírito Santo, Department of Environment Engineering, Vitória (ES), Brazil
neyval@inf.ufes.br

ABSTRACT: Natural ventilation has served as an effective passive cooling design strategy to comfort and reduction energy used by air-conditioning systems, especially, for tropical regions where the temperature and humidity are generally high. The balconies are architectural elements characterized by shaded areas and permanent ventilation with a significant impact on comfort and distribution of air flow inside the building. This research aims to analyze the thermal performance of what is becoming a very common practice of glazing of the balconies in Vitória, a tropical city localized in southeast of Brazil. The nuisance caused by air pollution in this region, accounts for up to 25% of the complaints to the local Environmental Agency can be the main motivation in the glazed balconies in the vertical residential buildings by the population. The methodology procedures included outdoor and indoor measurements of temperature, air humidity and air velocity in three balconies apartments. The average air temperature of 24 hours in the glazed balconies was 2° C higher than the average outdoor temperature and there was a reduction indoor ventilation rate. The balcony microclimate is altered negatively by the glass heat retention capacity and it was registered that 80% of the hours of the day not attend the comfort zone. Thus this practice it is not recommended for hot climates. The results probably contribute to the discussion about the illegal practical of glazed balconies in some Brazilian urban areas and their thermal comfort consequences.

Keywords *Thermal comfort, balconies, tropical region*

1. INTRODUCTION

The tropical regions are determined in part by their temperature, which in turn is defined to be within two limits values: the temperature of 20°C, as annual average, and maximum temperature of 43° C in the hottest season. Specifically, for the tropical regions of hot, humid weather, the average temperature is 18° C, while the maximum temperature is 38°C approximately, being the most striking aspect in this type of weather the high humidity, which often reaches 90%. This climate is found generally in countries close to the line of Ecuador, such as Brazil (Hertz, 2003).

The adaptation of buildings to climate is defended by the precepts of bioclimatic architecture that prioritizes aspects related to environmental comfort consistent with the potential of the environment, being in the tropics prioritized aspects related to the thermal comfort (Corbella & Corner, 2011). In this sense, the large supply of solar radiation and the high humidity in this climate requires the adoption the shading and ventilation of spaces, as basic premises.

The ventilation deserves special attention, and since respected their boundaries and other constraints of the surroundings, normally the building and the urban spaces should be as open as possible in order to provide better health conditions and comfort to users of spaces and passers-by of urban streets. In addition to the shape of the building, various elements and architectural components can be used to adapt the building to the climate. In Brazil, the concern of adaptation to the climate began with the effort of the colonist and the European immigrant in the construction of their homes:

Here, the Portuguese moved its location to the balcony, where I ate, talked and was napping in a well ventilated network of large meshes. (Corbella & Corner apud, Lemos, 1978)

Balcony is a terminology applied to architectural spaces of different morphologies, where the same term is used synonymously with porch, among many others, result of the function of this element in the various periods of history being used in accordance with the context of each moment (Barro & Martins, 2007). However, regardless of the historical context, the main feature of Brazilian balcony is being a nice, shaded and ventilated spot, which was acquiring certain habits and accumulating functions over time, being one of the main living areas of the family.

The invention of reinforced concrete and the elevator at the end of the 19th century caused the verticalization of construction and a new type of housing: the apartment buildings. However this verticalization did not extinguish this Brazilian house space, which can be found with adaptive climate concerns, for example, in the works of Guinle Park of Lúcio Costa and the Accommodation of the Boulder of Eduardo Reidy, that even at the end of the first half of the 20th century, when the topic was modernity, they were still showing the balconies (Barro & Malik, 2007).

Thus many studies have investigated the importance of this architectural element in the environmental comfort and the energy efficiency of the building. Prianto & Depecker (2002) evaluated the effects of the balcony, the openings and the internal division of

compartments in indoor air speed on a building located in a region of tropical humid climate. The results showed that the settings of the openings and the shape of the balconies are more efficient in the growth of the movement of air through the natural ventilation of the internal division of the building, and that such factors should be taken into consideration in the design of buildings with hot, humid weather. Ai et al. (2011) stated in their study that the presence of a balcony in architecture has a number of effects on the environmental performance of a building, such as ventilation and natural lighting, shading, the thermal comfort and transport of pollutants. The authors reiterate that this element is able to improve the uniformity of the air distribution in the environment. Montazeri & Blocken (2013) evaluated through simulations, using the Computational Fluid Dynamics, the wind pressure distributions on the surfaces of a building with and without balconies. The results found by them reaffirm that the balconies are responsible for strong changes in the distribution of wind pressure on the facades.

On the other hand, the use of this passive architectural feature of environmental comfort may be suffering a threat, losing place to increasingly closed constructions due to the nuisance caused by noise and air pollution in major urban centers. Currently, a very common practice in residential buildings of Brazilian metropolises is closing the openings balconies with glass, thus mischaracterizing one of the main architectural elements in subtropical climates. One of the most iconic examples is the Design of the South Atlantic Condom in Rio de Janeiro, erected in 1979 and designed by architect Shlomo Wenkert. This project was awarded internationally, being that the design envisaged large and open balconies in which all would have a small circular pool, however, in a short time the project has been distorted from its original intention, being carried out the closure of these openings (Teixeira, 2014). This practice is also observed in other tropical countries, for example, the closure the balconies with glass on Lebanon and its influence on thermal comfort, as reported by Saleh (2015).

In this context, this study aimed to investigate the thermal comfort in balconies located in the city of Vitoria, Brazil, whose openings have been glazed. Although the code of local works establishes in its article 140, § 4° that "the openings of the balconies may not be closed for squares" (PMV, 1998), this has become very common in residential buildings in the region, mainly due to the disruption caused by the dust, the subject of constant complaints from residents and workers to the local Environmental Agency (Machado et al., 2014).

It is important to note that often, as in the case of the municipality of Vitória, the balconies are designed considering some constructive advantages proposed by the Guide Plans – which, correctly encourage their use – but who are already idealized considering its possible closure, misrepresenting so both the original concept of the function of the balcony as their urban benefit to provide greater integration between interior and exterior. The preset article reports the initial results of a broader research whose aims are related to the discussion of thermal performance of the element balcony as well as the indoor air quality of environments contiguous to it.

2. METHODOLOGY

For the development of research, considering that the methodology was developed based on *in loco* measurements, one of the main issues to be considered was the choice of balconies in similar environmental conditions, in order to the combined analysis of measured data.

The main parameters considered as stakeholders on the results were the characterization of study region and the environmental parameters, as detailed below.

2.1 The region of study

Vitória (LAT 20° 19 ' 10 "S LONG 40 20 ' 16" W), the capital of state of the Espírito Santo (ES), is located on the southeast coast of Brazil and has approximately 327,801 inhabitants (IBGE, 2010). The region has experienced an intense process of economic and urban growth in recent years. It has the third largest port system of Latin America, and several industrial plants, such as mining, pelletizing, extraction of stone, cement and food.

Three balconies with the same dimensions of a residential building located in the Jardim Camburi, Vitória, ES, were monitored in autumn from 03 April to 20 May 2016. The Residential Condom is located next to large vehicular flow, such as Dante Michelini Avenue and the Norte-Sul Highway, as well as to the main industrial region steel pole (Figure 1a). Measurements occurred on a balcony of the column 1 at the 20th floor (South) and two balconies in columns 5 and 3 (Southeast) at 10th and 20th floor respectively (Figure 1b). These balconies had their openings closed with colorless toughened glass shutters of 8 mm (Figure 1c and Figure 1d).



Figure 1. (a) Emphasis on monitored building and (b) the distribution scheme of the apartments with the location of the monitoring points in columns 1, 3 and 5. Emphasis the balconies. Source: adapted from Galwan (2016). (c) balconies in the southeast facade (d) Glazed balcony of 10th floor.

In addition to glazing, balconies monitored have blinds that are closed most of the day. None apartment reported the total opening of the shutters, but were reported "generally" and "almost always" the minimum opening of one of its parts.

2.2 Environmental parameters

On monitoring of environmental parameters on the internal balcony was used a weather sensor (Grimm Technologies, Germany), belonging to the Department of Environmental Engineering at the Federal University of Espirito Santo - UFES, previously calibrated, able to record and store data of temperature, air humidity and wind speed at intervals of 1 minute (Figure 2). The equipment was located centrally in the environment at a height of approximately 1.50 m. Three experimental, not simultaneously campaigns were performed, each with minute-by-minute records, for 24 hours, over six consecutive days for each balcony.



Figure 2. Meteorological sensor used on monitoring the balconies

Outside, these parameters were acquired by Rede de Estações Meteorológicas Automáticas (*Automatic Weather Stations Network*) of the Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), from the Automatic Station located at the Federal University of Espírito Santo, in the Goiabeiras neighborhood, near the region of study (Figure 3).



Figure 3. Weather Station of INMET located in UFES, Brazil (INMET, 2016).

The data collected through the Station's sensors are stored in a data-logger and made available to the public in an open and free of charge way on the internet (INMET, 2016). Hour means were used throughout the 24 hours, concurrent to the three experimental campaigns held in each apartment in order to allow the comparison of internal and external data and assessing the influence of the closure of the balcony.

3. RESULTS

The mean of 24 hours of the internal and external environmental parameters, for each day of monitoring, is presented in Table 1. It is noted that the 24 hours mean (28°C) for air temperature in glazed balconies is at least 2°C higher than the 24 hours mean for the outdoor temperature (25.7°C). Considering the comfort zone for people with normal clothing ranges from 23 to 27°C (ISO 7730/2005) and that in warm weather countries the external temperature means is high most of the time, this increase caused by glazing of balconies is significant in the influence on the human discomfort and the thermal environmental gain.

Table 1. 24 hours mean for the environmental parameters measured indoor and outdoor balconies.

Sample date	Floor	Indoor			Outdoor			
		T (°C)	R.H (%rH)	Air velocity (m/s)	T (°C)	R.H (%rH)	Air velocity (m/s)	Wind direction
04/03/16	10th	31.4	58.4	0.30	27.7	76.1	1.46	S
04/04/16	10th	31.5	59.1	0.14	27.7	77.0	1.45	S
04/05/16	10th	31.1	58.8	0.01	26.4	79.6	1.19	SO
04/06/16	10th	30.4	58.6	0.13	26.0	79.8	1.34	SO
04/07/16	10th	30.5	54.6	0.26	26.7	75.0	1.63	SO
04/08/16	10th	31.1	54.2	0.26	27.2	73.8	1.40	SO
05/01/16	20th	24.8	57.8	0.11	22.5	66.3	2.05	S
05/02/16	20th	25.4	50.3	0.00	22.8	56.3	1.58	S
05/03/16	20th	26.2	58.8	0.00	22.3	78.5	1.37	SO
05/04/16	20th	27.0	61.3	0.00	24.4	75.0	1.42	SO
05/05/16	20th	26.4	62.3	0.00	24.1	71.5	1.32	S
05/06/16	20th	26.6	62.0	0.00	23.9	76.8	1.37	SO
05/15/16	20th	25.3	62.6	0.23	27.4	75.6	1.84	SO
05/16/16	20th	27.5	57.0	0.30	26.5	73.5	1.57	SO
05/17/16	20th	28.2	63.7	0.00	26.4	81.7	1.30	SO
05/18/16	20th	28.0	65.6	0.03	26.9	79.9	1.37	S
05/19/16	20th	26.7	66.8	0.10	26.2	81.0	1.18	S
05/20/16	20th	26.7	70.0	0.09	27.0	73.8	1.92	S
Mean		28.0	60.1	0.1	25.7	75.1	1.5	
SD		2.33	4.78	0.11	1.83	6.00	0.24	
Min		24.8	50.3	0.0	22.3	56.3	1.2	
Max		31.5	70.0	0.3	27.7	81.7	2.0	

The 24 hours mean for the relative internal air humidity in the balcony is a decrease in relation to the 24 hours mean for the air humidity in the external environment (60 and 75%, respectively), probably due to the temperature increase within the environment. The 24 hours mean for the air speed reaches up to rate at least 90% less internally (0.1 m/s)

than outdoors (1.5 m/s). This result reinforces the fact that the closure of openings of the balconies, which by virtue of municipal law should be permanent ventilation areas, do not show a good performance in warm climate countries, as it increases the temperature beyond the recommended comfort range, and it reduces the natural ventilation rate.

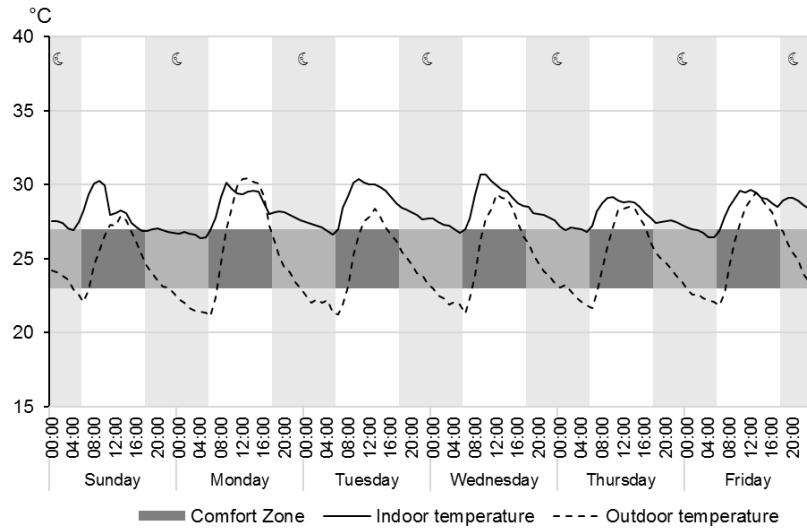
Figure 4 shows the hourly means of the temperature, air humidity and wind speed of the three balconies over the days of the week. It can be observed that the maximum temperature average values registered are internally to the balconies in the mornings around 9:00 and 10:00 a.m., reaching to a maximum mean value of 30°C in this interval of the day. That fact can be explained by the main orientation of the balconies, receiving the highest solar radiation in the morning. However, it is important to emphasize that the outside temperature mean in this same time reaches the maximum value of 27°C. Thus it can be stated that glazing balconies facing this orientation alters the microclimate of the environment increasing up to 3°C the temperature in the morning. It should be highlighted the fact that the monitoring was conducted during the fall, which means to say that probably in the summer this temperature rise can be even higher.

As it was expected, the highest mean values of the outdoors air temperature, considering the three experimental campaigns, were in the afternoon around 1:00 pm, time in which the solar radiation is more intense, reaching a value of 29°C, in average. It is interesting the fact that, although the orientation of the two balconies is Southeast, i.e. there is no direct solar incidence on those facades in the afternoon, the balconies show internally temperatures similar to the outside world, in the same time interval.

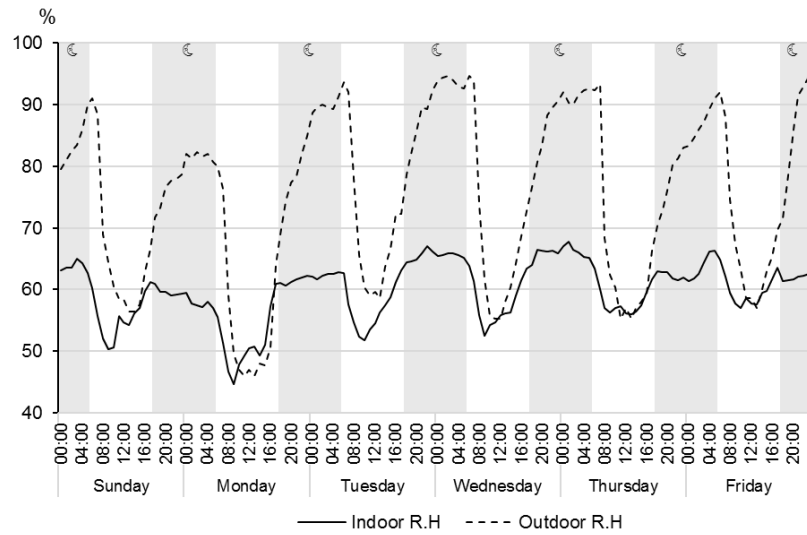
From that time the temperatures start to fall both in the external environment as the internal one. The lowest temperatures are recorded at night, being the minimum mean values found during the morning around 5:00 a.m. However, while during this period are recorded temperatures means around 21°C, the minimum mean values of temperatures recorded at the same time on the balconies reach to 26.4°C, which shows a significant thermal retention capacity of the glass in relation to the radiation received during the day. Another fact of the utmost importance in the evaluation of the interference of that element in the architecture of the residential buildings is the observation that, in approximately 80% of the daily hours, on average, the balconies monitored are out of range of the thermal comfort.

The city of Vitoria shows high relative humidity rates and may reaches mean values in the external environmental above 90% at night. However, due to heat retention capacity by the balcony glazing, the internal relative humidity mean of these locations at night does not exceed 67%. During the period of the day, however, the difference of the air humidity of the external and internal balcony is lower.

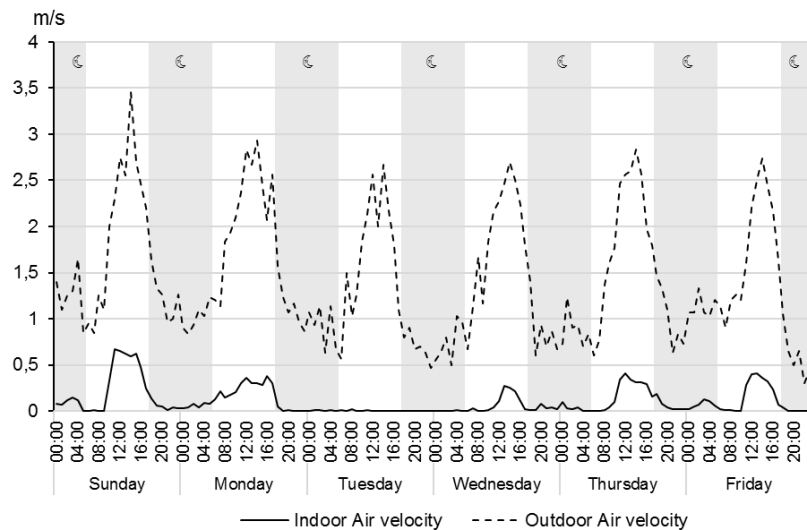
On analysis of the hourly mean of the wind speed it can be observed that even with the possibility of full opening of the glass blinds by the residents, they prefer to keep most of them closed, resulting in low or null values in relation to air movement rate within these environments.



(a)



(b)



(c)

Figure 4. Hourly means of monitoring of the three balconies over the days of the week, (a) temperature, (b) relative air humidity, (c) wind speed.

4. CONCLUSION

The present study investigated the interference of the illegal practice of closing the openings of the balconies with glass shutters on the thermal comfort in a residential building in the city of Vitória, ES. The results show that this element is responsible for a heat gain into the environment, bringing thermal discomfort in approximately 80% of the hours of the day during the analysis period, including during the morning, in which the solar radiation is lower, as well as nocturnal periods. Even with the possibility of opening up the glazed openings for residents, there is a sudden reduction of the wind speed within the environment, and this is one of the basic premises of comfort in hot and humid regions. Therefore, it can be inferred that such a practice is not suitable in tropical architectures, and may be more suitable to improve thermal gains and block undesirable winds in cold climate regions.

It is important to emphasize that the balconies monitored had curtains and were directed to Southeast orientation, which assumes that monitoring to be carried out on balconies with other types of guidance and without the presence of curtains can deliver results with temperature means higher than those found and consequently greater thermal load in the environment.

5. ADDITIONAL COMMENTS

The urban concentration of Vitoria is constantly struck by suspended particulates from industrial activities, mainly of two large steel mills located in its vicinity. Such a condition, associated with atmospheric pollution inherent in the ways of large flow of motor vehicles are contributing to the closing of balconies. Thus, the next stage of the research will be conducting air quality monitoring in order to complement the results obtained with the temperature on the balconies to propose guidelines for public policies related to urban and building legislation.

REFERENCES

- Ai, Z.; Mak C.M.; Niu, J.L. 2011. Effect of balconies on thermal comfort in wind-induced, naturally ventilated low-rise buildings. *Building Serv. Eng. Res. Technol* 32: 277–292.
- Brandão, H. C. L. & Martins, A. M. M. 2007. Varandas nas moradias brasileiras: do período de colonização a meados do século XX. *Revista Tempo de conquista* 1: 1-20.
- Corbella, O. & Corner, V. 2011. *Arquitetura bioclimática tropical para a redução de consumo energético*. Rio de Janeiro: Revan.
- Galwan 2016. *Residencial Jardins*. Disponível em: <http://www.galwan.com.br/jardins/>. Acesso em 10 de junho de 2016.
- Hertz, J. B. 2003. *Ecotécnicas em arquitetura como projetar nos trópicos úmidos do Brasil*. São Paulo: Pioneira.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. *Senso 2010*. Disponível em www.ibge.gov.br. Acesso em 06 de junho de 2016.
- INMET - Instituto Nacional de Meteorologia 2016. Estações automáticas. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>. Acesso em 10 de junho de 2016.
- ISO 7730. 2005. Ergonomics of the thermal environment.
- Machado, M.; Santos, J. M.; Borges, W. 2104. Estudos dos fatores determinantes do incômodo causado pela poluição do ar através de survey. In: *XXXIV Encontro Nacional de Engenharia de*

Produção. Proceedings. Curitiba, 7-10 outubro 2014.

Montazeri, H. & Blocken, B. 2013. CFD simulation of wind-induced pressure coefficients on buildings with and without balconies: Validation and sensitivity analysis. *Building and Environment* 60: 137-149.

PMV – Prefeitura Municipal de Vitória. 1998. *Lei N°4821* - Institui o Código de Edificações do Município de Vitória e dá outras providências. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/codigo-de-obras-vitoria-es>. Acesso em 10 de junho de 2016.

Prianto, E. & Depecker, P. 2002. Characteristic of airflow as the effect of balcony, opening design and internal division on indoor velocity: a case study of traditional dwelling in urban living quarter in tropical humid region. *Energy and Buildings* 34: 401–409.

Saleh, P. 2015. Thermal performance of glazed balconies within heavyweight/thermal mass buildings in Beirut, Lebanon's hot climate. *Energy and Buildings* 108: 291-303.

Teixeira, F. 2014. Prefeito deve sancionar lei que permite o fechamento de varandas. *O Globo, 16 de julho de 2014*. Disponível em: <http://oglobo.globo.com/>. Acesso em 10 de junho de 2016.



Sustentabilidade em edificações na Região Metropolitana da Grande Vitória - Gestão de água e de energia

Luana Bermond Marques

Graduanda, Faculdade Brasileira, Vitória (ES), Brasil
l.marque@hotmail.com

Ingrid Pizetta Dias

Graduanda, Faculdade Brasileira, Vitória (ES), Brasil
ingridpizetta@gmail.com

Livia Romano Brocco

Graduanda, Faculdade Brasileira, Vitória (ES), Brasil
liviabrocco@gmail.com

Carolina S. Silva

Graduanda, Faculdade Brasileira, Vitória (ES), Brasil
carolina.silve@gmail.com

Aline Silva Sauer

Docente, Faculdade Brasileira, Vitória (ES), Brasil
alinesisa@hotmail.com

Fabrcia Delfino Rembiski

Docente, Faculdade Brasileira, Vitória (ES), Brasil
prof.fabriciadr@gmail.com

Sandra Moscon Coutinho

Docente, Faculdade Brasileira, Vitória (ES), Brasil
sandramoscon@gmail.com

RESUMO: A construção civil é responsável pelo elevado consumo de recursos, como água e energia, e geração de resíduos, provocando diversos impactos ao meio ambiente e, por isso, a necessidade de produzir edificações mais sustentáveis. O atual momento de crise política e econômica que o Brasil enfrenta, leva as construtoras a buscarem novas vertentes para se destacarem no mercado. A adoção de requisitos de qualidade ambiental nas edificações é uma forma para que as construtoras se adequem as novas tendências do mercado, como a gestão eficiente de água e de energia. Neste contexto, a pesquisa objetiva apresentar estratégias relacionadas à gestão de água e de energia, adotadas em edificações que incorporem requisitos de qualidade ambiental, concluídas desde 2010, em obra e em lançamento, na Região Metropolitana da Grande Vitória (Espírito Santo, Brasil), executadas por construtoras associadas ao Sindicato da Indústria da Construção Civil no Estado do Espírito Santo. O método utilizado consiste em levantamento de dados dos *sites* das construtoras selecionadas para pesquisa. Como resultado, observou-se que 2/3 destas edificações usam alguma estratégia projetual ou tecnologia para redução do consumo de água potável e de energia elétrica, comprovando o destaque destes requisitos nas edificações analisadas. Entretanto, produzir edifícios com menor impacto ambiental, ainda é um desafio para a Indústria da Construção Civil, pois, apesar da maioria dos edifícios analisados apresentarem algum dos itens levantados, as tecnologias implantadas ainda são ínfimas se comparadas às existentes no mercado.

Palavras-chave Sustentabilidade, Construção civil, Água, Energia elétrica.

1. INTRODUÇÃO

Assim como ocorre em outros países, a Indústria da Construção Civil (ICC) é importante para o desenvolvimento econômico e social do Brasil. Entretanto, esse setor, bem como outros, encontra-se em recessão, tendo em vista o atual momento de crise política e econômica. Esse fato vem ocasionando o aumento na taxa de desemprego, queda da renda familiar e baixo crescimento econômico, expresso pela queda em 2015 de 3,8% do Produto Interno Bruto (PIB). Na construção civil essa retração foi ainda maior, apresentando um índice negativo de 7,6% no mesmo ano (CBIC, 2016).

Diante deste cenário, as construtoras precisam buscar novas vertentes para destacarem-se no mercado, como a adoção de requisitos de qualidade ambiental em seus projetos. Dentre as possibilidades, o uso de tecnologias para gestão eficiente no uso da água e da energia sobressaem como requisitos adotados em construções que buscam reduzir o impacto ambiental e o custo de manutenção na edificação.

No Brasil, a produção de energia elétrica depende da disponibilidade de recursos hídricos, tendo em vista que a geração hidráulica correspondeu a 76,5% do total gerado no país em janeiro de 2016, sendo esta a principal fonte da matriz energética nacional (Brasil, 2016). Ao mesmo tempo, segundo Tundisi (2008), o bombeamento para transporte e distribuição da água tratada depende de energia. Estes fatos demonstram a grande relação entre estes dois recursos, água e energia, e como a redução no consumo de água pode ajudar na melhoria da gestão energética, pois de acordo com Cerqueira *et al.* (2015, p. 18):

A energia “gerada” por uma hidrelétrica resulta da transformação da “força” do movimento da água. Transforma-se, assim, em energia elétrica, a energia cinética decorrente da ação combinada da vazão de um rio e dos desníveis de relevo que ele atravessa. A água represada fica à disposição para gerar energia quando for necessário. Desse modo, não restam dúvidas de que, para o processo, guardar água significa guardar energia.

Ainda para Cerqueira *et al.* (2015), a melhor forma de tratar a escassez de água decorrente de eventos climáticos extremos, como a redução de chuva dos últimos anos no Brasil, em particular na Região Sudeste, é racionar a demanda. As medidas de racionamento são menos custosas para a sociedade quando comparadas à construção de represas para armazenamento de água em períodos de cheia.

Sabe-se que o abastecimento humano nas cidades é responsável por cerca de 22% do consumo de água total, segundo maior consumo, atrás apenas da agricultura que consome 55% deste recurso para irrigação (Agência Nacional de Águas, 2015). Além disso, segundo a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), em 2009, o consumo de água *per capita* no Brasil, envolvendo os setores comercial, residencial, público e industrial, foi 149,6 l/dia, valor maior que os 110 l/hab./dia recomendados pela Organização Mundial da Saúde (OMS).

Dessa forma, a lei nº 11.445 de 2007, conhecida como Lei de Saneamento, busca a gestão eficiente dos recursos hídricos e regula a água para o abastecimento público. A lei prevê a fixação de tarifas, de modo a inibir o consumo excessivo e o desperdício de água e estimular o uso de tecnologias modernas e eficientes para redução do consumo (Cerqueira *et al.*, 2015). Portanto, a adoção de ações que visem à economia de água nas edificações pode resultar em benefícios ambientais e econômicos.

Dentre as ações que auxiliam na redução do consumo de água nas edificações estão o reaproveitamento da água da chuva, reuso de águas cinzas e negras, uso de águas subterrâneas (poço artesiano), reuso de água de condensação do ar condicionado, uso de equipamentos economizadores (bacias sanitárias com válvula de descarga de duplo fluxo, torneiras com arejador e temporizador, redutor de vazão, entre outros) e hidrômetros de medição individualizada. Segundo Cerqueira *et al.* (2015), essas são alternativas passíveis de implementação em curto prazo.

Por sua vez, as políticas públicas que estimulam a eficiência energética nas edificações são mais antigas quando comparadas as de recurso hídrico. Lei nº 10.295, promulgada em 2001, dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. A partir desta lei foram criados no Brasil programas e certificações para o aumento da eficiência energética em edificações e alguns destes estão citados no Quadro 1 (Brasil, 2011).

Quadro 1. Programas referentes a gestão energética no Brasil (Brasil, 2011)

Ano	Programa	Objetivo
2003	Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações	Promover o uso racional ea conservação da energia elétrica, água, e outros em edificações
2006	Programa de Apoio a Projetos de Eficiência Energética (PROESCO)	Promover linhas de financiamento para empresas de Serviços de Conservação de Energia
2007	Plano Nacional de Energia 2030	Fornecer subsídios para aumentar a oferta de energia em longo prazo, de forma acessível e sustentável.
2011	Plano Nacional de Eficiência Energética	Estabelecer metas de conservação de energia, em diversos setores da economia.

Para Doroche & Anschau (2015), a adoção de normas para tornar as construções mais eficientes energeticamente e ações como a troca das lâmpadas usadas na iluminação pública por modelos mais eficientes, proporcionou, em aproximadamente 20 anos, a economia de cerca de 24.600 GW/h, energia elétrica que atenderia 14,4 milhões de residências durante um ano. Entretanto, o consumo de energia para uso e manutenção das edificações ainda é elevado, correspondendo, do total consumido no país em fevereiro de 2016, a 25% no setor residencial e 17% no setor comercial (Brasil, 2016).

De acordo com Berni *et al.* (2010), 80% do consumo de energia elétrica, durante a vida útil de uma edificação, ocorre nas etapas de operação e manutenção, o que torna imprescindível a busca por soluções para reduzir o consumo durante estas etapas. Além das ações definidas durante a concepção arquitetônica, como orientação de fachadas e materiais empregados na envoltória, a escolha de tecnologias eficientes auxiliam nesta redução. As tecnologias mais usadas nas edificações são: sistemas de geração de energia alternativa ou aquecimento de água (solar, eólica ou gás); uso de lâmpadas de baixo consumo (fluorescentes ou LED); sistemas de automação, que reduzam a interferência humana e com isso o desperdício; elevadores inteligentes e sistemas de climatização eficientes.

Inserido neste contexto, a adoção de requisitos de qualidade ambiental em edificações é uma forma das construtoras adequarem-se às novas tendências do mercado, e as ações que visam à gestão eficiente da água e da energia destacam-se como alguns destes requisitos que buscam reduzir os impactos negativos sobre o meio ambiente. Diante disso, as construtoras da Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV), no Estado do Espírito Santo (ES), Região Sudeste do Brasil, não agem diferente do contexto nacional e também se incluem nesta tendência de mercado. Atualmente, a RMGV compõe-se de sete municípios: Vitória (capital do Estado), Vila Velha, Serra, Viana, Guarapari, Fundão e Cariacica. Estes

municípios abrigam um total de 1.687.704 habitantes (IBGE, 2010), equivalente a cerca de 48% da população do Estado.

Este artigo apresenta os resultados parciais de um trabalho de Iniciação Científica, iniciado em 2015 e ainda em desenvolvimento, que busca analisar os requisitos de qualidade ambiental presentes em edificações construídas desde 2010, em obra e em lançamento, na RMGV. O grupo é composto por alunos e professoras do curso de Arquitetura e Urbanismo. Os resultados até então obtidos, estão expostos em três artigos divididos por temas: Caracterização da amostra; Gestão de água e de energia; Gestão de materiais de construção, resíduos e certificações ambientais.

Desse modo, este artigo objetiva apresentar características relativas à gestão de água e de energia adotadas em edificações construídas desde de 2010, em obra e em lançamento, que incorporem requisitos de qualidade ambiental e localizadas na RMGV, executadas por empresas construtoras ativas e associadas ao Sindicato da Indústria da Construção Civil no Estado do Espírito Santo (SINDUSCON-ES).

2. METODOLOGIA

Embasado na pesquisa bibliográfica, este trabalho possui característica descritiva, realizado através de levantamento de dados que, segundo Gil (2002), trata-se da coleta de diversas informações sobre determinado assunto, a fim de registrá-las e avaliá-las. Dessa forma, procurando-se cumprir o objetivo da pesquisa, inicialmente foi realizado uma revisão bibliográfica para aproximação do tema. Diversas fontes de pesquisa foram utilizadas, dentre elas, artigos científicos, livros, dissertações e teses. Através de seminários os assuntos foram debatidos, o que permitiu alinhamento de conhecimento.

Em abril de 2016, iniciou-se a pesquisa documental junto às empresas construtoras, tendo como base a lista disponível no *site* do SINDUSCON-ES que possuía 110 empresas associadas. A identidade das empresas construtoras pesquisadas, bem como dos seus empreendimentos, não serão divulgadas nessa pesquisa. Os alunos foram divididos em grupos para verificação de dados disponíveis exclusivamente via *internet*, através de informações dos *sites* dessas empresas associadas. Inicialmente, foi possível caracterizá-las como ativas ou inativas, bem como seus principais setores de atuação.

A partir de então, dentre as empresas construtoras ativas selecionadas, realizou-se um levantamento das edificações concluídas desde 2010, em obras e em lançamentos, dessas empresas. Assim, apenas as empresas que divulgaram em seus *sites* produzir e comercializar edificações com algum requisito de qualidade ambiental foram analisadas na pesquisa. Vale ressaltar que, para essa seleção não houve critério de quantidade de requisitos implantados, mas sim a existência de pelo menos um destes requisitos nas edificações. Com isso, o número inicial de 110 empresas associadas, foi significativamente reduzido 44 empresas à serem analisadas.

A partir disso, foi realizada a coleta de dados para caracterização das construtoras e após essa primeira caracterização, partiu-se para o registro dos dados das edificações selecionadas. Destas edificações, foram registrados, entre outros dados, os requisitos relacionados à gestão de água e de energia. A seleção dos itens analisados foi baseada na

pesquisa realizada por Lazzarini & Penna (2015), em edifícios com certificações ambientais, em 2014.

Quanto à gestão da água foram registrados a existência de dispositivos economizadores (hidrômetro individual, descarga sanitária com duplo acionamento, arejadores para torneira; caixa de descarga sanitária acoplada) e uso de fontes alternativas de água (água pluvial, água de reuso ou águas subterrâneas). Em relação à energia, foram apontadas ações definidas na concepção arquitetônica (orientação de fachadas e escolha dos materiais da envoltória), uso de tecnologias eficientes energeticamente (lâmpadas de baixo consumo, automação, elevadores inteligentes, sistemas de climatização, medidores individuais) e uso de fontes de energia alternativa (solar ou gás natural). Os resultados estão apresentados por tipologia: residencial, comercial ou uso misto.

3. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

A coleta de dados baseou-se em uma lista com 110 empresas, disponível no *site* do SINDUSCON-ES, em abril de 2016. Durante a pesquisa nos *sites* dessas empresas, descobriu-se que 5 estavam inativas e 17 não eram construtoras. Dessa forma, iniciaram-se as investigações nas 88 empresas restantes. Entretanto, foram descartadas aquelas empresas que, mesmo ativas, não divulgavam informações sobre a presença de requisitos de qualidade ambiental em seus edifícios. Após a análise, obteve-se uma amostra de 44 empresas construtoras ativas, associadas ao SINDUSCON-ES, responsáveis por 182 edificações que incorporam requisitos de qualidade ambiental na RMGV desde 2010.

Após a fase de caracterização geral das construtoras e edificações, foram registrados, entre outros dados, os requisitos relacionados à gestão de água e de energia presentes nas edificações dessas empresas. Cabe destacar que, neste artigo serão apresentados e analisados apenas os requisitos relacionados à gestão de água e de energia e, para melhor compreensão dos resultados, estes temas serão abordados separadamente.

3.1 Aspectos relativos a gestão da água

Segundo Cerqueira *et al.* (2015), a escassez de chuvas tem conduzido o Brasil e, principalmente, a Região Sudeste, a uma situação de crise hídrica. Para estes autores, o uso de fontes alternativas de água e de dispositivos economizadores são estratégias viáveis de serem aplicadas aos edifícios e de implementação em um curto prazo, que visam elevar oferta ou reduzir a demanda dos recursos hídricos.

Neste contexto, dentre as 182 edificações analisadas na RMGV, que possuem algum requisito de qualidade ambiental, aproximadamente, 68% possuem algum item relacionado à economia de água, sendo destes: 104 edifícios residenciais, 9 comerciais e 10 de uso misto, como pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1. Existência de requisitos relacionados à economia de água nos edifícios

	Residencial		Comercial		Misto	
	Quantidade (Nº)	(%)	Quantidade (Nº)	(%)	Quantidade (Nº)	(%)
Possui	104	70,27	9	64,28	10	47,61
Não possui ou não informou	43	29,73	5	35,72	11	52,39
Total	147	100	14	100	21	100

Partindo disso, levantou-se a existência de dispositivos economizadores de água como hidrômetro individual, torneiras com arejador, bacias sanitárias com caixa acoplada e descarga com duplo acionamento. Estes equipamentos reduzem do consumo de água independentemente da ação do usuário, e a substituição de equipamentos como bacias sanitárias com caixa acoplada por bacias do mesmo tipo com duplo acionamento, por exemplo, pode gerar uma redução de 50% no consumo de água para este fim (Silva, 2014).

Entretanto, verificou-se que, em apenas 19,6% dos edifícios residenciais analisados na RGMV foi informado a existência de algum destes dispositivos. Mas, em cerca de, 60% dos edifícios comerciais ou de uso misto apareciam esta informação. Assim como relatado na pesquisa de Lazzarini & Penna (2015), o dispositivo mais usado nos edifícios comerciais é a bacia sanitária com caixa acoplada e descarga com duplo acionamento, sendo que 38,5% indicam o uso desta tecnologia. Em contrapartida, apenas 15% dos edifícios residenciais e de uso misto informam a existência desse dispositivo.

Contudo, nos edifícios residenciais, o hidrômetro individual é o dispositivo mais usado: 53% destes edifícios indicam a adoção do equipamento, ao contrário dos edifícios comerciais com apenas 7,7%. A medição individualizada é muito usada nas edificações sustentáveis brasileiras em todas as tipologias, tendo em vista que gera uma economia de até 30% no consumo (Cerqueira *et al.*, 2015; Lazzarini & Penna, 2015).

Outra forma de ampliar a oferta de água no edifício, sem aumentar a demanda sobre os recursos hídricos, é a utilização de fontes alternativas. Para Cerqueira *et al.* (2015), o aproveitamento da água da chuva e o reuso de águas cinzas ou negras para fins não potáveis, reduz o consumo de água potável e a demanda ao sistema de drenagem ou sobre os mananciais. Silva (2014) completa afirmando que, o aproveitamento de água da chuva pode representar uma economia de 35% no consumo, entretanto o reuso de águas cinzas podem representar uma economia ainda maior, tendo em vista que 60% a 70% do efluente gerado por uma edificação é constituído por água cinza. Apesar disso, de acordo com Lazzarini & Penna (2015), a captação de águas pluviais é a estratégia mais utilizada nas edificações que possuem certificação ambiental.

Na pesquisa observou-se que cerca de 68% dos edifícios utilizam alguma tecnologia para reaproveitamento de água, sendo que, o aproveitamento de águas pluviais é o sistema mais utilizado nas edificações. Além disso, os edifícios que mais utilizam estes sistemas são os comerciais, como mostra a Tabela 2.

Tabela 2. Existência de sistemas de aproveitamento de água pluvial ou reuso de água nos edifícios

		Residencial		Comercial		Misto	
		Quantidade		Quantidade		Quantidade	
		(Nº)	(%)	(Nº)	(%)	(Nº)	(%)
Aproveitamento de água pluvial	Possui	39	26,35	5	35,72	1	4,76
	Não possui ou não informou	108	73,65	9	64,28	20	95,24
	Total	147	100	14	100%	21	100%
Reuso de águas cinzas	Possui	7	4,73	4	28,57	0	0
	Não possui ou não informou	140	95,27	10	71,43	21	100
	Total	147	100	14	100%	21	100%
Reuso de Águas negras	Possui	3	2,02	3	21,40	0	0
	Não possui ou não informou	144	97,08	11	78,60	21	100%
	Total	147	100	14	100%	21	100%

É importante ressaltar que, outras fontes podem ser usadas para melhorar a gestão da água. Nos edifícios analisados, sistemas como poços artesianos para uso das águas subterrâneas e de reuso da água do ar condicionado também foram citados, sendo que 23% dos edifícios comerciais e, apenas, 2,7% dos edifícios residências fazem reuso de água do ar condicionado. Quanto ao uso de águas subterrâneas, apenas 2 edifícios residenciais informaram a utilização deste sistema.

Assim, analisando-se os resultados, observa-se a pouca adesão das edificações analisadas à alguns sistemas para gestão eficiente do uso da água. Os dispositivos economizadores de água, por exemplo, são equipamentos de baixo custo que podem ser inseridos sem grande interferência no custo final da edificação, mas com grande influência na redução do consumo de água durante a fase de uso e operação da mesma. Entretanto, o uso destes dispositivos e suas vantagens é pouco divulgado pelas construtoras da RMGV. Além disso, tecnologias já consolidadas no mercado da construção civil como o aproveitamento de água da chuva e reuso de águas cinzas, ainda são pouco utilizadas ou pouco exploradas para a divulgação, concluindo-se que as construtoras da RMGV não julgam estes itens como características importantes em suas obras.

3.2 Aspectos relativos a gestão da energia

O desenvolvimento econômico de um país e os novos padrões de vida da sociedade depende diretamente de um abastecimento adequado e confiável de energia (Hinrichs *et al.*, 2016). Porém, a carência de chuvas nos últimos anos, vem interferindo na produção brasileira de energia elétrica, tendo em vista que esta é, em sua maioria, de origem hídrica. Esse período de seca tem provocado à redução do volume de água nos reservatórios das usinas hidrelétricas, causando o aumento do uso das usinas termelétricas e a elevação da tarifa de energia elétrica em 50%.

Desse modo, torna-se necessário repensar a gestão energética e, segundo Hinrichs *et al.* (2016), aumentar a geração de energia elétrica é mais custoso e demorado do que estimular a implantação de tecnologias economizadoras. Sabendo-se que, no Brasil, quase a metade da energia elétrica produzida é consumida para operação e manutenção das edificações, o uso de tecnologias mais eficientes desde sua concepção resulta em economia de até 50% no consumo de energia (Nacif *et al.*, 2014).

A partir dos dados avaliados, notou-se que, dos 182 edifícios analisados, 122 possuem algum requisito relacionado à melhora na gestão de energia, utilizando tecnologias para redução do consumo ou meios de produção alternativa. O setor comercial apresentou o melhor resultado, tendo em vista que das 14 edificações analisadas, 11 apresentaram pelo menos um item para redução do consumo energético (Tab. 3).

Tabela 3. Existência de requisitos relacionados à economia de energia elétrica nos edifícios

	Residencial		Comercial		Misto	
	Quantidade (Nº)	(%)	Quantidade (Nº)	(%)	Quantidade (Nº)	(%)
Possui	97	65,54	11	78,57	14	66,67
Não possui ou não informou	50	34,45	3	21,43	7	33,33
Total	147	100	14	100	21	100

As ações definidas na concepção arquitetônica, como orientação de fachadas e escolha dos materiais da envoltória, são consideradas estratégias simples, entretanto, poucas construtoras informam sua adoção. Dentre os empreendimentos analisados, apenas 13 edifícios residenciais e 2 de uso misto consideram a orientação solar das fachadas. Quanto os materiais que constituem a envoltória da edificação, o único material citado nos *sites* é o vidro, sendo que apenas 5 edifícios citam usar pele de vidro nas suas fachadas, enfatizando os benefícios deste material apenas quanto a iluminação natural, sem citar suas características de controle solar no que diz respeito ao desempenho térmico.

Mesmo com o uso da iluminação natural, o sistema artificial de iluminação é primordial nas edificações, sendo responsável por 22% do consumo energético de edificações comerciais e 14% de edificações residenciais (Lamberts *et al.*, 2014). Dessa forma, o uso de lâmpadas consideradas eficientes, como as fluorescentes e LED, pode auxiliar na redução do consumo energético e, segundo Lazzarini & Penna (2015), esta estratégia é usada por cerca de 80% das edificações sustentáveis brasileiras.

No entanto, a partir dos dados coletados na RMGV, notou-se que, apenas 16% das edificações informam utilizar estes tipos de lâmpadas nas áreas comuns, sendo que o setor comercial mostrou melhor resultado, com cerca de 21%. Das edificações residenciais, apenas 7% indicaram usar esta estratégia. Acredita-se que este número pode ser maior, entretanto as construtoras não avaliam essa informação relevante para o *site*.

Os sistemas de automação, também, são artifícios que auxiliam na economia de energia elétrica, pois reduzem a interferência humana e com isso o desperdício. De acordo com Lazzarini & Penna (2015), o sensor de presença é a tecnologia mais consolidada no mercado e está presente na maior parte das edificações sustentáveis. Assim, verificou-se que mais da metade das edificações analisadas informam o uso de algum tipo de automação, sendo que, aproximadamente, 32% indicam possuir sensor de presença nas áreas comuns, como a circulação. Quanto à automação na unidade autônoma, 43% dos edifícios comerciais indicaram ter previsão, em contrapartida, apenas cerca de 10% dos residenciais e de uso misto informaram esta previsão.

Destacando o uso de fontes de energia alternativa, nenhum dos edifícios analisados informou o uso dessas fontes para geração de energia elétrica. Para Lazzarini & Penna (2015), estas tecnologias ainda não estão completamente consolidadas, sendo pouco utilizadas no mercado brasileiro, sendo o sistema mais presente nas edificações sustentáveis brasileiras o solar para aquecimento de água. Neste contexto, cerca de 32% das edificações analisadas na RMGV utilizam fontes alternativas (solar ou gás natural) para aquecimento de água, sendo que 9% não especificaram os sistemas utilizados. O sistema de aquecimento solar é o mais utilizado, presente em aproximadamente 15% das edificações residenciais e comerciais.

Quanto ao uso do gás natural, apenas 10% das edificações indicam utilizar este recurso. Considerando a infraestrutura urbana de distribuição de gás natural presente na RMGV, este recurso poderia ser melhor aproveitado para aquecimento de água, gerando uma economia considerável no consumo de energia elétrica, tendo em vista que, segundo Lamberts *et al.* (2014), o chuveiro elétrico é responsável por cerca de 25% do consumo energético de uma edificação residencial. Além destes, outros itens presentes nas edificações analisadas foram levantados durante os estudos, como se observa na Tabela 4.

Tabela 4. Presença de outros Itens que visam a eficiência energética nas edificações

	Residencial		Comercial		Misto	
	Quantidade		Quantidade		Quantidade	
	(Nº)	(%)	(Nº)	(%)	(Nº)	(%)
Elevadores inteligentes	4	3	3	23	5	24
Previsão para instalação de ar condicionado tipo split	16	11	2	15	4	19
Medidor individual de gás ou energia elétrica	34	23	0	0	4	19
Ponto para abastecimento de carro elétrico	4	3	3	23	0	0

A partir dos resultados observa-se que, apesar 2/3 das edificações analisadas apresentarem algum recurso relacionado à melhora na gestão de energia, tecnologias economizadoras de baixo custo de implantação, mas com grande influência no consumo de energia elétrica durante a fase de uso e operação da edificação, como as lâmpadas eficientes e sensores de presença, ainda são pouco exploradas para a divulgação. Além disso, tecnologias já consolidadas no mercado da construção civil como os sistemas de aquecimento de água, solar ou à gás, são pouco utilizados, levando a concluir que as construtoras da RMGV não avaliam estes itens como diferenciais em suas obras.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa pesquisa apresenta um diagnóstico do atual momento da ICC em relação às empresas construtoras e seus empreendimentos concluídos desde 2010, em obras e em lançamentos que apresentem requisitos de qualidade ambiental, localizados na RMGV, com foco aos requisitos relativos à gestão de água e de energia. Tendo como base a lista de empresas associadas ao SINDUSCON-ES, que continha em abril de 2016, 110 empresas associadas, pode-se perceber que apenas 44 dessas empresas realizam edificações com essas características.

Foram identificadas 182 edificações que declaram a incorporação de requisitos de qualidade ambiental, sendo que 2/3 delas utilizam alguma estratégia para redução do consumo de água potável e de energia elétrica, comprovando o destaque que estes itens possuem em edificações com requisitos de qualidade ambiental. Além disso, os requisitos ligados à gestão da água são mais presentes nas edificações residenciais, enquanto os ligados à eficiência energética são mais frequentes no setor comercial.

Quanto às tecnologias que visam à redução no consumo de água potável, o uso dos dispositivos economizadores é a estratégia mais informada pelos *sites* das construtoras. Já quanto a aspectos que buscam a eficiência energética, o uso de sistemas alternativos para aquecimento de água foi o mais informado. Acredita-se que tecnologias como as lâmpadas eficientes, sejam mais presentes por apresentarem baixo custo de implantação, entretanto, as construtoras não julgam esta informação relevante no momento da comercialização de seus edifícios.

É importante destacar que esta pesquisa está em fase de conclusão e que a amostra de 182 edificações, representa apenas 23% do total produzido e lançado pelas construtoras selecionadas neste intervalo de tempo, o que pode indicar que produzir edificações com essas características ainda não é muito comum na região. Assim, a partir dos resultados,

acredita-se que produzir edifícios com menor impacto ambiental, ainda é um grande desafio para a Indústria da Construção Civil pois as tecnologias implantadas nos edifícios analisados ainda são ínfimas se comparadas às existentes no mercado. Assim, a implementação de políticas públicas e incentivos financeiros, pode ser um caminho de incentivo. Além disso, a capacitação de profissionais do setor, a disseminação da informação e investimento em pesquisas podem ser decisivos, influenciando e acelerando as transformações esperadas.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Conjuntura dos recursos hídricos: informe 2015. Brasília: ANA, 2015. Disponível em: http://www3.snirh.gov.br/portal/snirh/snirh-1/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjuntura_informe_2015.pdf. Acesso em: 22 de maio de 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Consumo de água por habitante no Brasil é estável. Disponível em: <http://www.abes-mg.org.br/visualizacao-de-clippings/ler/2154>. Acesso em: 21 de maio de 2016.
- BERNI, M. TASSINARI, J. MANDUCA, P. Microgeração renovável no contexto de edificações verdes no Brasil. In: *Encontro Latino-americano de Comunidades Sustentáveis – EURO ELECS, Portugal*. Anais... Portugal, 2015.
- BRASIL. Ministérios de Minas e Energia. Plano Nacional de Eficiência Energética. Premissas e Diretrizes Básicas. Brasília. MME, 2011. Disponível em <<http://www.mme.gov.br/web/guest/publicacoes-e-indicadores/plano-nacional-de-eficiencia-energetica>>. Acesso em 15 de maio de 2016.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro, Março/2016. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/energia-eletrica/publicacoes/boletim-de-monitoramento-do-sistema-eletrico>. Acesso em: 15 de maio de 2016.
- CBIC. PIB Brasil e Construção Civil. 2016. Disponível em: <<http://www.cbicdados.com.br/home/>> Acesso em: 15 de maio de 2016.
- CERQUEIRA, G. A. *et al.* A Crise Hídrica e suas Consequências. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado, abril/2015 (Boletim do Legislativo nº 27, de 2015). Disponível em: www.senado.leg.br/estudos. Acesso em 20 de abril de 2016.
- DOROCHE, M. R.; ANSCHAU, C. T. Oferta de energia elétrica no Brasil. *Revista Científica Tecnológica*, v. 2, n. 1, UCEFF Faculdades: Brasil, 2015.
- HINRICHS, R. A.; KLEINBACH, M.; REIS, L. B. dos. *Energia e Meio Ambiente*. Ed. 5, São Paulo: Cengage Learning, 2016.
- IBGE. *Censo 2010 ES*. 2010. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/tabelas_pdf/total_populacao_espirito_santo.pdfAcesso em 18 de maio de 2016.
- LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. *Eficiência Energética na Arquitetura*. Ed. 3. São Paulo: Pro Livros, 2014.
- LAZZARINI, R.; PENNA, C.D. (coord.). *Sustentabilidade – tendências na construção brasileira 2015*. São Paulo: CTE, Criactive, Editora O nome da rosa 2015.
- NACIF, C. L.; SOARES, A.; PORCINO, L.; LOMARDO, L. L. B.; CAETANO, D. S.; MARTINS, I. Subsídios para a incorporação do tema eficiente da energia no processo de planejamento urbano. In: *Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 15. Maceió*. Anais... Maceió: ANTAC, 2014.
- SILVA, M. D. F. M. e. Integração de métodos para o uso eficiente de água em ambientes urbanos. *Tese (Doutorado em Engenharia Civil), 2014, 155p. Universidade Federal de Viçosa*. Viçosa, 2014
- TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. *Estudos Avançados*, v.22, n.63, São Paulo, 2008.



Selective Demolition of Buildings as Sustainable Strategy

Andreia Moreira Martins

University of São Paulo, Institute of Architecture and Urbanism, São Carlos (SP), Brazil
andreiamartins@usp.br

Daniel da Costa Reis

University of São Paulo, Institute of Architecture and Urbanism, São Paulo (SP), Brazil
danielreis@usp.br

Márcio Minto Fabrício

University of São Paulo, Institute of Architecture and Urbanism, São Carlos (SP), Brazil
marcio@sc.usp.br

ABSTRACT: Over the last decades the demolition process has experienced several changes, which focus mainly on how the building will be demolished more recently, the emergence of environmental concerns, brings to the surface the discussion about the damage of building demolition, which is responsible for producing a significant portion of all waste generated by construction, from the most selective processes to the most destructive. Through the selective demolition process, which is based on disassembling and collapse of the structure, harnessing as much material as possible with the aid of hand tools and mechanical equipment it is possible to recover and separate the materials obtained during demolition, which is a concern increasingly imposed by the companies that contribute to the economy of natural resources. The reuse of material is the preferred result, choosing recycling as a second option because it requires less energy, less raw material and less pollution during its process so as to continue the service life of the material. This process aims to reduce the environmental impact of the activities of the entire construction sector, decreasing the number of new products to be manufactured and the volume of waste that are usually landfilled, putting new materials on the market. This work aims to study the process of demolition and resale of recovered materials, of small demolition companies in the State of São Paulo, using two case studies. Seeking to understand the functioning of these companies and discussing sustainable strategies implemented and the aspects to be improved.

Keywords *Selective Demolition, Traditional Demolition, Demolition Waste Management, Material Reuse, Material Recycle.*

1. INTRODUCTION

In the civil construction industry the management of waste is becoming progressively challenging. The difficulty in arranging the construction and demolition waste in sanitary landfills has gradually increased over the years, primarily because the current landfills have a capacity limit, or because it is becoming tougher to develop new sites for landfills, especially within cities, due to environmental and social concerns. Thus, there is a need for new solutions to the final disposal of waste and materials obtained from the demolition of buildings.

Conventional edifications are associated with excessive use of natural resources, a procedure recognized by the use of large amounts of materials and high consumption of energy. Consequently, traditional construction is responsible for the production of large amounts of carbon dioxide and other harmful emissions to different ecosystems. In this sense, there are already strategic orientation tools to promote better and more sustainable construction practices. However, only few makers facilitate and promote their practical application and encourage sustainable construction, for example, through financial mechanisms (CASTRO; MATEUS; BRAGANÇA, 2011).

The concept of buildings as whole objects is still the most dominant. They are conceived, designed, constructed, and used as complete entities. The materials removed are salvaged for reuse or recycling and only those that cannot be reused or recycled are discarded. Selective demolitions provide potential economic and environmental benefits compared to the conventional practice of total demolition. The economic benefits derive from the salvaged materials sale/reuse and from the avoided disposal fees. The primary environmental benefit is the reduced waste generation. However, selective demolition may take longer than the conventional demolition because of its intensive work nature. The estimated unit costs discussed below can vary according to the contractor's experience in this process and market conditions (DANTATA; TOURAN; WANG, 2005).

Demolition produces enormous amounts of debris, which in most cases are only added to the waste in landfills. Due to community concerns about the potential impacts on the environment, the availability of sites for landfills is becoming increasingly difficult. Moreover, landfills tend to be located in remote regions of developed areas, amounting in high transportation costs. An alternative to sending these materials to landfills is choosing the selective demolition instead of the usual process (COUTO; COUTO, 2010). Given the environmental concerns and public opposition, regulations are being created to set plans aiming to reduce the disposal of solid waste in landfills (DANTATA, TOURAN; WANG, 2005).

The role demolition plays in this waste production scheme is unclear, as is the role of recycling and reuse. As can be seen below, there is no comprehensive understanding of the quantities and types of demolition waste and recycling, but rather a scattering of research studies in small scale (CROWTHER, 2001). Nonetheless it is possible to observe that through a more controlled demolition, a large number of materials can be recovered, and a great homogeneity in residues can be obtained, facilitating the separation and isolation of materials containing dangerous substances, from the others that are inert.

Demolition is the answer at the end of life of buildings or structures, when they are in a degraded state or at risk of instability if the cost of maintenance or rehabilitation is high in relation to that of a total demolition, or put the safety of the population and the surrounding buildings in risk. Demolition means the removal or destruction of any building or any part of it using pre-planned and controlled methods. Demolition methods may vary, depending on where it will be held, the time available, the building's materials, the purpose of demolition and the waste that will be accumulated. The procedures, in which the noise, dust and vibration are limited, will increase the cost of demolition.

There is a large general agreement on what constitutes demolition, it is the complete elimination of all parts of a building at a specific location and time, and typically it is the end of life for the building. Unlike the initial phases of design and construction, the end-of-life phase of buildings has received little scientific attention so far, although its quantitative and qualitative significance is considerable. Nevertheless, partial demolition actually begins during the service life of buildings, as maintenance and adaptation include the replacement of building parts, resulting in a considerable waste flow (THOMSEN; SCHULTMANN; KOHLER, 2011).

The idea of the cycle is that all stages in a system (product or service) are recognised, from inception to final disposal. A life cycle assessment is made by investigating all the environmental consequences of each stage in the life cycle of the system. Such an assessment can be represented as a two-dimensional matrix. Such a matrix offers a good model for the environmental assessment of a system. In order to do more than simply assessing the system, to truly understand how the system might be altered in order to reduce the environmental burden, it is necessary, however, to add a third dimension. This will be a dimension of strategic solutions, or of principles for sustainable activity (CROWTHER, 2001).

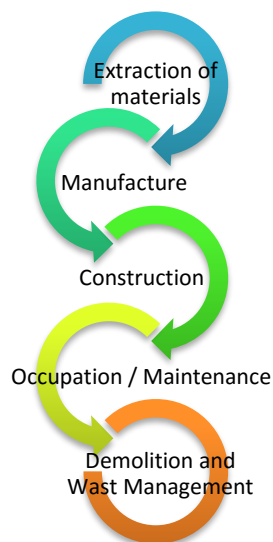


Figure 1. Building/Materials Life Cycle. Source: Author

The main objective is to ensure that in the final stage of a building it is possible to close the life cycle, enabling the recovery and reuse of materials and constructive elements, to be implemented in new buildings, continuing their life cycle. As it can be seen in Figure 1, finding solutions for the demolition and waste management, avoiding the extraction of

new raw materials and opting for the reuse of the materials or as an alternative to recycling is essential.

2. RECOVERY MATERIALS STRATEGIES

Few buildings remain in their initial state of construction for more than a few years or, at most, a few decades. Alterations, repairs, additions, and maintenance continually work to alter the building. In the longer time frame, the building is constantly changed in response to user demands and environmental conditions. There is in fact not one single building, but a series of different buildings over time (CROWTHER, 2001).

Construction is reflected by waste production from the leftovers and construction materials, which are the debris. These characterize a major damage to the environment, because they are usually left in vacant lots, limited landfills and margins of rivers. The cost impact for companies is represented by penalties such as fines, reimbursements to third parties for damages, recovery of degraded areas and other factors, reflecting the lack of environmental protection mechanisms (PAIVA; RIBEIRO, 2011).

2.1 ALTERNATIVES TO TRADICIONAL DEMOLITION

The reason to demolish is reflected in the building's obsolescence. The components can be reused or recycled and the building may be able to be renewed, for those who make the maintenance of the building in an efficient and effective manner. The future development of sustainable, efficient and prosperous demolition guarantees the reuse of materials and components as a key aspect, requiring a considerable investment in terms of time, money, skills, tools, technologies, standards and risks taking (BOWES; GOLTON, 2001).

There are different options to the current process of undifferentiated demolition. Some of the alternatives to sending material to landfill are deconstructing or dismantling and when those are not possible, opting for a selective demolition. According to Hobbs and Hurley, demolition is the term for an intentional destruction process. The disassembly just like the name suggests, is the process of disassembling components/materials without damage, but not necessarily to be reused. The deconstruction is a similar process, but it aims to reuse the materials and components obtained (HOBBS; HURLEY, 2001).

Selective demolitions differ from traditional demolition in being less mechanized and more manual, sometimes leaving the structural part to be demolished mechanically. This process is performed in reverse to the construction process, starting with the internal or external finishes and concluding in the foundations. The advantages of a more selective demolition are the versatility of manual equipment, the performance and hand labour training of workers, the materials to be removed manually can be easily recovered and reused, and quickly set on the market, avoiding waste and thus continuing its life cycle, whenever recovery is not possible, the material is sent for recycling. In the other side, mechanized processes prove to be more destructive, making it impossible to reuse, and in some cases even recycle due to the heterogeneity of waste formed in the work site, complicating the separation of waste, forcing them to be send to landfills.

Economic deconstruction or selective demolition offers great potential because of the use and resale of materials. They also reduce landfill disposal rates, when compared to the

conventional practice of total building demolition. The primary environmental benefit is the reduction of waste generation. However deconstruction and selective demolition may take longer than traditional demolition due to its intensive work nature (DANTATA; TOURAN; WANG, 2005).

The priority of this process is on reusable materials, but it also leads to the separation of hazardous materials for proper disposal, not contaminating other materials with toxic substances. As an economic matter, many demolitions include varying degrees of metals and concrete recycling, with minimal to no reuse. As the result of the demolition phase seems to be key in considering the adoption of more sustainable practices.

For this to happen, environmental regulations must be promoted, techniques of deconstruction or disassembly should be developed and implemented and there should be an improvement in knowledge and awareness of the importance of this process by the stakeholders in the construction activity, particularly designers and contractors (COUTO; COUTO; TEIXEIRA, 2006).

2.2 ALTERNATIVES TO WASTE ELIMINATION

Construction waste generates small amounts of debris during a long period of time, as a by-product. The demolition wastes, on the other hand, creates a great amount of waste over a short period of time as the main part of the process (HOBBS; HURLEY, 2001). The best way to deal with this waste is first to avoid them. If that is not possible, one should try to reuse and recycle as much as possible. When the separation of different types of waste prevents recycling, other types of reassigning value should be sought, such as composting and incineration. Sending the debris to a landfill should be the last option.

The waste incorporated into edification generates more waste over the years, through the maintenance of edification, other than the overload in the structure, which increases the cost, and consequently reduces the quality and may cause pathologies, decreasing the service life and the performance of the building (KARPINSKI ET AL., 2009).

With reference to the Resolution CONAMA n°307 of 2002, article n°2, defines that construction waste is divided into four classes: A, B, C and D. Class A corresponds to ceramic components, mortar and concrete, which in its final stage should be reused or recycled as aggregates, or sent to landfill areas, so as to permit their future use or recycling. Class B is comprised of plastics, paper and cardboard, metals, glass, wood, among others, which must be reused, recycled or sent to temporary storage areas, in order to enable their future use or recycling. Class C is for materials such as gypsum, which must be stored, transported and disposed according to specific technical requirements. Finally, D class encompasses all the toxic waste, for example, paints, solvents, oils and other contaminated waste, and as the previous class, should be stored, transported and disposed in accordance with the technical standards, but it is also possible to reuse in some cases, especially paints and solvents.

The Agenda 21 of the United Nations Conference on Environment and Development in 1992 has developed a hierarchy of waste, which establishes that the first step to be taken, regarding waste management, is the Reduction and Prevention, aiming to reduce the amount of waste, through the adoption of measures before the material or product becomes waste. After that, the best solution is to Reuse in what is known as the

reapplication process of a residue without its transformation, avoiding energy costs and the use of raw material for the production of new material. The next option is Recycling, that is the reuse process of a residue, after being subjected to a transformation, thus allowing reuse of the material in order to extend its life cycle and reduce its problems connected waste disposal or emission of pollutants. After recycling, other ways to transform the residue to its end of life, such as Composting and Incineration follow. The last recourse is the Elimination, which is sending waste to landfill sites.



Figure 2. Different scenarios for construction waste end-of-life. Source: Author, 2016

There is a direct relationship between the physical design features of a building and what can be done with the building, or its components, when the end of its service life has been reached. It is therefore possible, through deconstruction or selective demolition, to produce new buildings that can achieve more environmentally beneficial end-of-life scenarios (CROWTHER, 2001). Thus, the choice of demolition process influences the final disposal of waste. For that reason the most sustainable solutions should be chosen, not only from an environmentally perspective, but also socially and economically. Figure 2 illustrates for each type of demolition, the different scenarios for the final disposal of waste.

3. CASE STUDY

To understand how the final destination of demolition waste is selected, two case studies discussing the operation of two small demolition companies in the State of São Paulo in Brazil were conducted. Through the monitoring of demolition activities, talking to the responsible contractors and observing the process of demolition and waste management in the construction site, it was possible to understand the importance of the demolition method as it greatly influences the qualification of the obtained waste as examined in the literature review.

During bibliographic research, some questions about the disposal of waste and how it is performed on the construction site, emerged. With the knowledge gained during the realization of the empirical study, it became possible to answer and discuss some questions such as:

- How is the separation of materials / waste on the construction site?
- What happens to recovered materials and components?
- Does the quality and performance of workers influence the final destination of waste / materials? How?

- What materials / components have more demand in the second hand market? Why?
- Which materials are recovered more?
- What wastes goes to landfills?
- How are these materials / components put back on the market?
- Which waste is recycled? And which is processed?

This study focuses on the waste management in worksites, and the quality and classification of final disposal of demolition waste and salvaged materials destination.

3.1 Case Study I

As mentioned above, monitoring of demolitions and conversations with the contractors of two companies of the State of São Paulo were executed. Both companies always used the process of selective demolition.

For the first company, visits were made in two demolition sites. In both visits the type of structures were habitation ground floor in masonry buildings. During follow-up of first site it was observed that the demolition process began by removing all the windows, doors and metal grates manually, only to be resold. The deposit of material is carried along the site, due to lack of space and the absence of a location for storage at the construction site, until they are transported to the store by a lorry, where the materials will be sold.



Figure 3 and Figure 4. Reuse of doors and windows. Source: Author, 2014

The next step was to remove all the coverage of the building. During this task workers must be extremely careful, because the ceramics tiles are a very fragile material, breaking very easily during the demolition process, thus causing waste of material that could be reused, and also increasing the amount of waste and creating debris in the workplace floor.



Figure 5 and Figure 6. Reuse of ceramic tiles. Source: Author, 2014

However, it was found that during the demolition process, there was a large production of waste, which correspond to the interior and exterior walls of the building, and also debris of ceramics tiles, that was later sent to landfills or a recycling plant.

The second place of demolition was also a one ground floor building. It was started by removing the doors, windows and metal objects with value, such as plumbing and sanitation grids, to be resold. It was possible to recover the ceramics and cement tiles. After the coverage was dismantled, the external and internal walls in masonry were the only part remaining.



Figure 7 and Figure 8. Demolition of the internal and external walls. Source: Author, 2015

It is possible to visualize the accumulation of debris all over the floor during the demolition process, the disorganization of the site, due to the placement of waste over all space and the lack of a place for storage and separation of waste. It was still possible to recover many solid brick walls. The ground floor was demolished with the help of the mechanic excavator. Finally, land clearing was done, in which the debris was grouped with the help of the excavator, later to be placed in a lorry and sent to the landfill for future separation and recycling.

3.2 Case Study II

The monitoring of the second demolition company took place in one visit of, like the previous demolitions a ground floor building in masonry. It began by removal of all furniture and installations, followed by the doors, windows and metallic objects with value. Once finalized, there was the manual removal of the coverage, which recovered the ceramics tiles and wooden slats.



Figure 9 and Figure 10. Removing the coverage of the building. Source: Author, 2015

There was the possibility to observe the demolition of the interior and exterior walls, constituted by solid brick. Through the manual demolition it was possible to take advantage of most materials, despite the waste generated by the lack of workers caution. The demolition of the walls was carried out with the help of the sledgehammer, breaking both ends of the wall, and balanced until the wall falls. Despite the supervisor being present on site, it was noted that the demolition process is quite careless and it did not follow safety measures. Some objects, like furniture and kitchen surfaces, were removed in order to be reused. Massive brick was one of the most recovered materials, not to blend in with the debris inside the construction site were stored on the sidewalk, unprotected against theft and the risk of falling down on a pedestrian or vehicle. Wood was other material that was recovered for resale, the wooden structure was composed of Peroba Rosa, a kind of rare and good quality wood, which is very popular in Brazil. All recovered materials were resold at work, customers passing by were seeing and shopping. After the resale of the materials the demolition of the ground floor was executed with the help of the excavator. The accumulated debris was taken to a landfill, carried by a lorry.

4. CONCLUSION

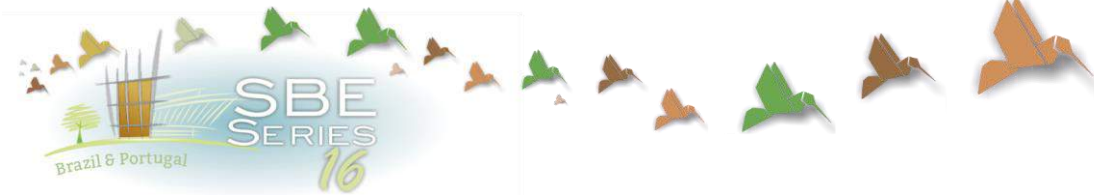
Similar conclusions are reached in our analyses based on both studies. Both demolition companies used the same process of selective demolition, in all demolitions. Only the materials recovered and of value were separated and stored, while the debris accumulated over the work floor because there was no separation of waste at the site, and it was sent unsorted in a lorry to a landfill. The materials were recovered for a resale shop of construction materials, in the case of the first company. For the second company, the materials were resold at the site of demolition. In conversation with the contractors, it became evident that the most popular materials from the works of demolition are the massive bricks, ceramic tiles and wood, if it is Peroba Rosa. According to sellers, customers prefer these materials for the manufacture quality, in the case of ceramic materials, as the Peroba Rosa is rare and largely used to make furniture, it can last more than 100 years. Besides these, all metal materials are recovered, and also doors, windows, toilets, kitchens, stalls, furniture, glass and fiber cement tiles. All that becomes residue is mixed on site and goes to the landfills of the city, later to be recycled. If there are mortars and concrete these are recycled into debris for road paving, sidewalk and even park benches. It can be concluded that the choice of the type of demolition has a large influence on the quality and quantity of the recovered material, and also the amount of waste formed.

5. ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank the CNPq (National Council for Scientific and Technological Development) and CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) for the scholarship that supported the development of this research and also the Construction and Demolitions Firms for their readiness to participate in this research.

REFERENCES

- BOWES, H.; GOLTON, B. 2001. Obsolescence and Demolition of Local Authority and Dwellings in the UK- A Case Study. CIB Deconstruction and Materials Reuse: *Technology, Economic, and Policy*, Wellington, New Zealand. 87-97.
- CASTRO, M. D. F.; MATEUS, R.; BRAGANÇA, L. 2011. *Práticas sustentáveis de projetos em edifícios hospitalares*.
- CONAMA RESOLUÇÃO N.307. [S.l.]: CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. 5 Julho 2002.
- COUTO, A. B.; COUTO, J. P.; TEIXEIRA, J. C. 2006. *Desconstrução - Uma ferramenta para sustentabilidade da construção*. NUTAU - Nucleo de pesquisa de Tecnologia de Arquitetura e Urbanismo.
- COUTO, J.; COUTO, A. 2010. *Analysis of Barriers and the Potencial for Exploration of Deconstruction Techniques in Portuguese Construction Sites*. *Sustainability*, v. 2, p. 428-442, 27 Janeiro 2010.
- CROWTHER, P. 2001. *Developing an Inclusive Model for Design for Deconstruction*. CIB Deconstruction and Materials Reuse: *Technology, Economic, and Policy*, Wellington, New Zealand, 6 Abril 2001. 1-26.
- DANTATA, N.; TOURAN, A.; WANG, J. 2005. An analysis of the cost and duration for deconstruction and demolition of residential buildings in Massachusetts. *Resources Conservation & Recycling*, v. 44, p. 1-15.
- HOBBS, G.; HURLEY, J. 2001. *Deconstruction and the Reuse of Construction Materials*. CIB Deconstruction and Materials Reuse: *Technology, Economic and Policy*, Wellington, New Zealand, 6 Abril 2001. 98-124.
- KARPINSKI ET AL., L. A. Capítulo 1 - Os Resíduos da Indústria da Construção Civil. In: KARPINSKI ET AL., L. A. *Gestão Diferenciada de Resíduos da Construção Civil: Uma abordagem ambiental*. Porto Alegre: EdUPUCRS, 2009. p. 15-69.
- PAIVA, P. A.; RIBEIRO, M. D. S. 2011. *A reciclagem na Construção Civil: como economia de custos*.
- THOMSEN, A.; SCHULTMANN, F.; KOHLER, N. Deconstruction, demolition and destruction. *Building Research & Information*, 39:4, 30 Junho 2011. 327-332.



Application of the "ladder of citizen participation" to the analysis of the São Paulo Master Plan revision process

Rafael Barreto Castelo da Cruz

University of São Paulo, Polytechnic School, Construction Engineering Department, São Paulo (SP), Brazil

rafaelcastelo@usp.br

Flavia Mendes de Almeida Collaço

University of São Paulo, Energy and Environment Institute, São Paulo (SP), Brazil

flavia.collaco@usp.br

Karin Regina de Casas Castro Marins

University of São Paulo, Polytechnic School, Construction Engineering Department, São Paulo (SP), Brazil

karin.marins@usp.br

ABSTRACT: Urban planning promoted in Brazil by the “Estatuto da Cidade” (City Statute) establishes the Participatory Master Plan as the primary tool for urban policy, citing citizen participation as a way of guiding urban development and planned occupation. There is an assumption that participatory processes must include the preparation of studies and the conducting of analyses, as well as the receipt and sharing of knowledge by society. These processes must enable all stakeholders to participate closely in defining the list of priorities, and must allow the contributions to in turn become planning inputs. The aim of this study is to characterize the participatory process applied to the development of the São Paulo Strategic Master Plan (SMP) in 2013-2014. The scope of the analysis covers only the first phase of the process (6 workshops, which involved 1804 participants and received 1846 contributions). The analysis used the "ladder of citizen participation" method, which classifies the participatory processes into degrees of openness available to different stakeholders, in addition to the characteristics of participatory spaces and decision-making bodies. The analysis showed that development of the SMP involved government efforts to improve communication with the public. Reports and documents made available by the institution increased transparency and access to information regarding the process. However, although policy bases and participatory urban management have been installed in São Paulo, this has not guaranteed classification of the process as "Participatory" according to the adopted method of analysis.

Keywords *Citizen Participation, Urban Planning, Public Policy, Master Plan*

1 INTRODUCTION: CITIZEN PARTICIPATION AND URBAN PLANNING IN BRAZIL

Citizen participation is a condition of rendering state accounts to the public and making managers politically accountable, by means of social control, in a way that ensures the efficiency of public policy. Such control occurs principally at the municipal level, since the provision of public services occurs, in practice, in the place where the citizens live their lives, in the city¹.

Therefore, the municipality is classified as a form of political organization closer to the public, performing an essential role in enabling the process of ongoing participation in the regulation, supervision and control of public services and goods. Transparency and access to public information are necessary in order to enable participatory practice (Habermas, 1991; Avritzer, 2003).

Multiplication of participatory experiences, aiming to increase social control of public and political policies, guided implicitly or explicitly by the notions of *accountability*², has become an important phenomenon in Brazil and worldwide (Vera and Lavalle, 2012).

From a regulatory point of view, the following tools applied to urban planning stand out, hierarchically: i) 1988 Federal Constitution - Urban Policy (Articles 182/183); ii) Federal Law No. 10,257/2001 - City Statute; iii) Federal Law No. 13,089/2015 - Metropolis Statute; iv) Urban Development Participatory Master Plan; v) Federal and municipal laws on the parceling, use and occupation of land; vi) Municipal laws on Urban Intervention Projects and Urban Consortium Operations; vii) Sectoral Policies, and viii) City and Building Codes.

The 1988 Constitution introduced decentralized and participatory management and autonomy of federal entities. In the context of urban planning, the Charter of the Republic and the City Statute (CS) aim to improve the distribution of social functions in the city (housing, movement, work and leisure), aspects inherent to functionality, comfort, peace, safety and quality of life (Federal Constitution, 1988, Article 182). The City Statute assures citizen participation in the choice of priorities (Silva, 2003), providing various tools, such as: a) creation of collegiate urban policy bodies at the national, state and municipal levels; b) public debates, hearings and consultations; c) conferences on issues of urban interest at the national, state and municipal levels and d) popular initiatives on bills and plans, programs and urban development projects (Article 43, I, II, III and IV of the City Statute).

The Master Plan (MP), in turn, aims to direct/redirect the structuring of the municipal territory based on a reinterpretation of its current capacity, ensuring that the needs of the citizens are met with regard to quality of life, social justice and development of economic activities. Accordingly, the MP is the main tool for long-term planning and policy in the urban context, and must be developed with the participation of different social sectors. Since 2006, this instrument has been mandatory for Brazilian municipalities with more than 20,000 inhabitants or those located in metropolitan areas and/or urban clusters.

The aim of this study is to characterize the participatory process applied to the revision of the São Paulo Master Plan, established in 2013-2014. This process, in its first phase, involved 1804 participants, from which 1846 contributions were recorded. The participatory process was characterized based on the "ladder of participation" method,

¹ A city is the urban area of a municipality bordered by an urban perimeter.

² Political accountability, rendering of accounts.

considering a range of levels, depending on the degree of openness and transparency available to the various participants. It also assesses the level of participation as a result of the characteristics of the participatory spaces and their influence on decision-making bodies.

2 FORMAL TOOLS OF CITIZEN PARTICIPATION AND THE "LADDER OF CITIZEN PARTICIPATION"

In most Brazilian municipalities, representative democracy is the only democratic practice recognized by the population as a way to exercise their civil rights, primarily through elections (Pizzirani, 2006). However, citizen participation enables social control of sectoral policies. For example, it is a mean of allowing democratization of the space for discussion in areas regarded as complex or restricted to technical activities (Feenberg, 1992).

Thus, the exercise of democracy is not simply limited to the action and freedom of voting and being voted for (conception of liberal democracy). It presupposes a freedom of association and expression, and, frequently, an opposition to state positions (Hernández and Bermann, 2006). Nevertheless, for most of the Brazilian population, there is no day-to-day democratic practice. On the other hand, participatory processes are taking shape and gaining more supporters. However, in Brazilian experience, these processes are mostly controlled by the government, formally exercising power.

Regarding the forms and/or mechanisms of participatory processes, we highlight the following approaches found in the literature, classified as "direct consultations" with the public: i) plebiscite; ii) referendum; iii) popular initiative; iv) *recal*, and v) popular veto (Tanganelli et al., 2014). An example of an indirect approach is universal suffrage. The Brazilian Federal Constitution provides only three of the four forms of "direct consultation" mentioned above: the plebiscite, the referendum and the popular initiative. Thus, democratic management is presented as a tool that serves to coordinate citizen participation and other segments of civil society in the formulation, implementation and evaluation of plans, programs and policies. One of the forms of democratic management is the participatory planning.

To analyze the participatory process that occurred during the development of the São Paulo Strategic Master Plan in 2013 and 2014, the "Ladder of Citizen Participation" method was used, as proposed by Sherry R. Arnstein (1969). The "Ladder of Citizen Participation" describes a process of power delegation and *accountability* between the government and the citizen, who must determine goals and policies together. It assumes that citizen participation is found in the redistribution of power, regardless of political, economic or social inclusion. The method enables an identification of the citizens' degree of power to participate in a particular process (Arnstein, 1969), grading the citizens' levels of involvement in decision-making processes.

According to Arnstein (1969) and Souza (2001), and as adopted in this study, the categories "Manipulation", "Coercion" and "Information" involve no participation of civil society in public activities. In these categories, outlined in Figure 1, society's opinion is manipulated by the government and the participants do not exercise any influence on the decision-making processes.

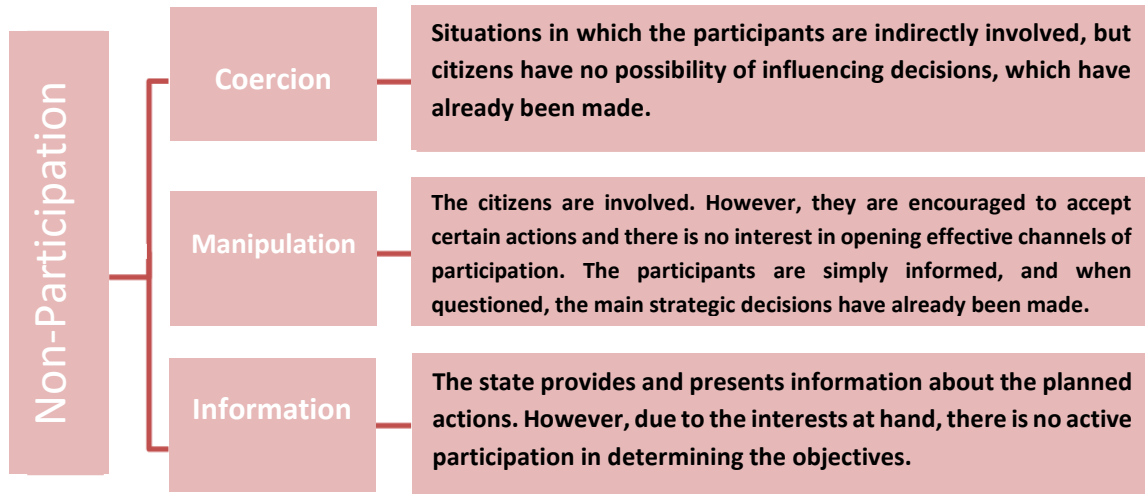


Figure 1 - "Ladder of participation": "Non-Participation" level. Source: Adapted from Arnstein (1969), Rudd et. al. (2006) and Souza (2000), 2016.

At the second level of citizen participation, the categories are described as "Pseudo-Participation", as shown in Figure 2. They are classified as such because, despite the government providing information and opening a dialogue, there are no tools to ensure adoption of the contributions made by participants in the decision-making process.

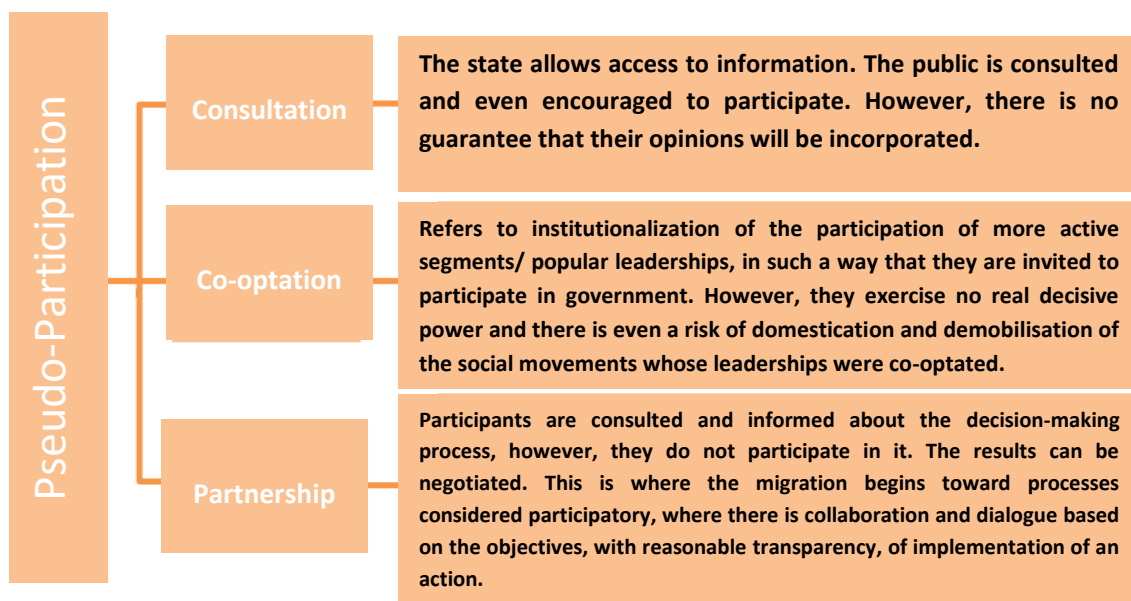


Figure 2 - "Ladder of participation": "Pseudo-Participation" level. Source: Adapted from Arnstein (1969), Rudd et. al. (2006) and Souza (2000), 2016.

Contrary to the aforementioned categories, in "Self-Management" and "Delegated Power", part of the third level of the "Ladder of Participation" (Figure 3), the government shares the decision-making spaces with civil society, thereby enabling effective participation in the decision-making process.

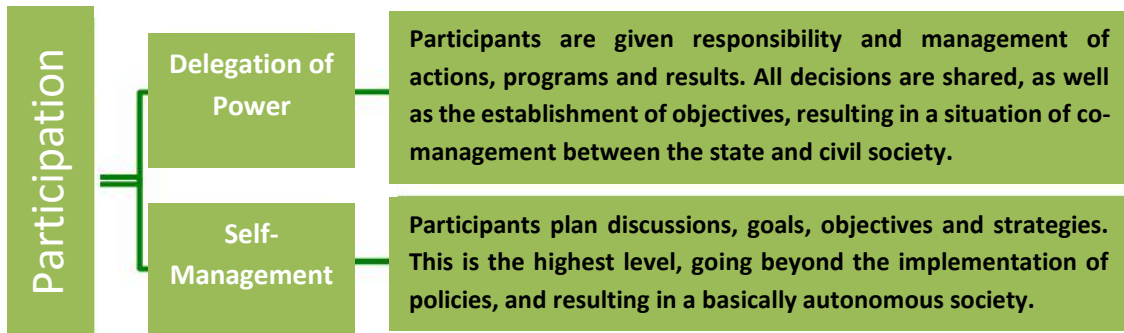


Figure 3 - "Ladder of participation": "Participation" level. Source: Adapted from Arnstein (1969), Rudd et. al. (2006) and Souza (2000), 2016.

Figures 1 to 3 summarize the "Ladder of Citizen Participation" according to the "Participation Type", "Involvement Type" and "Level of Engagement". The method was applied in order to characterize the process of citizen participation developed during preparation of the São Paulo Strategic Master Plan (SMP) in 2013 and 2014, as "Non-Participatory", "Pseudo-Participatory" or "Participatory".

3 SÃO PAULO SMP 2014 PREPARATION PROCESS

São Paulo urban planning and management tools revision process began in January 2013 and is expected to continue until the end of 2016. It can be organized into three main stages: the first, focusing on Law No. 13,430 / Strategic Master Plan Law, took place from February to September 2014; the second involves revision of the Land Parceling, Use and Occupation Law and Strategic Regional Plans, from August 2014 to March 2016, as well as Neighborhood Plans, which are in the preparation phase and the third stage, covering revision of the Building Code, also in the preparation phase, and complementary laws.

The SMP revision process (Stage 1) followed four development phases: 1a. Participatory Evaluation of the 2002 SMP and its application; 2a. Receipt of Proposals; 3a. Internal Systematization of contributions and 4a. Feedback to society and composition of the Draft Bill for the new Master Plan. This study will analyze participatory activities inherent to the first stage, with regard to phase 1 of the Plan's development, which focused on sharing evaluations of society and technical assessments performed by the city government. This phase included informative and reflective activities held collectively (communally, by issue or involving a particular social segment), in relation to aspects of urban policy regulated by the SMP. Its purpose was to "align" information to identify and discuss the main problems encountered in the technical studies and in the experience of the participants.

The preparation of the São Paulo SMP, within the scope of analysis of this study, was based on two key strategies, related and complementary, regarding citizen involvement: i) the development of in-person participatory activities and ii) construction of the Digital Participatory Platform. The activities began with the presentation of studies conducted by the Municipal Urban Development Department (SMDU), complemented by a process that sought to encourage participants to ask questions and express their way of seeing things. The first tool used Forms that enabled participants to prepare their own individual contribution. In Group activities, thematic issues were led by a technician from the City Government. Participants presented their contributions to other members of the group,

then collectively decided and voted on the best contributions. The results of this process were presented in plenary sessions, during which certain previously registered participants also had the chance to speak.

There were Seminars, Thematic Evaluation Workshops, Open Dialogues with Social Segments and the 6th Municipal Conference of the City of São Paulo. Two tools were adopted to aid the discussion of specific issues and to provide a summary of the discussions from the plenary sessions: i) seminars for presenting the studies, followed by debates in plenary sessions and ii) workshops including the presentation of the studies, followed by division of the plenary session into subgroups. The "Workshop" format, chosen by the City Government for public debates and raising proposals, distinguishes itself from traditional activities that are governed by lists of registered speakers, where very few participants are able to take the floor and present their opinions and proposals.

In the Seminars, each participant's time to speak at the debate was defined on about 3 minutes each. During the presentations by technicians, a support team registered those interested in taking the floor. In addition to speaking, interested ones were also able to submit evaluations in a specific form. The activity was attended by two (2) rapporteurs. The placements were later transcribed for the purpose of systematization, where the contributions were organized according to participatory activity in an electronic file called "quantitative assessment of the contributions"³.

In the Workshops, participants received the first Volume of the Participatory Revision and "Basic information for participants", with a description of the activities to take place that day. After initial submission of the technical evaluation conducted on the theme of the day, the participants were divided into rooms with up to 50 people in each. A moderator and an assistant coordinated the discussion; a rapporteur noted all the placements in a standard form. Two or three issues were proposed for each room in order to guide the discussion and the rooms were divided into subgroups of 8 to 10 people. Each subgroup chose a spokesperson. Colored forms were provided - each color corresponding to a specific issue - and the subgroups were allowed to compose as many responses to the proposed issue as they considered appropriate. Then, they had to group the recorded issues in order to facilitate the presentation of the ones considered most relevant, which were posted on a panel. Each room had a technician responsible for the reporting. Some of the participants (1/3) gave feedback on the activity's evaluation form, classifying it, in most cases, as "good" or "excellent", with regard to both the dynamics and the structuring of the activity.

The Seminars and Thematic Workshops were directed to community leaders, leaders of social movements, university representatives, professional groups, workers represented by their unions, NGOs, businesses and citizens in general. According to the City Government's schedule, the following themes would be addressed: 1. Objectives of the revision and the City that we want; 2. Land Use and Occupation; 3. Urban Policy Tools; 4. Housing; 5. Environment; 6. Urban Mobility and 7. Priority Investments, Regional Plans and Neighborhood Plans.

³Contribution Systematization Files are available online at <http://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/arquivos-pde-biblio/>
Accessed on 01/05/2016

4 APPLICATION OF THE "LADDER OF CITIZEN PARTICIPATION" TO PHASE 1 OF PREPARATION OF THE SÃO PAULO SMP 2014

Initially, data from the first phase of preparation of the São Paulo SMP was quantified: the number of participants in the process, in the first phase (form of participation and representation of interest groups), the types of participation dynamics, the number of contributions, and the number of contributions by dynamic, theme and participant. The materials used are all public documents provided on the São Paulo City Government website,⁴ mostly making use of the Microsoft Excel spreadsheet entitled "*Banco de Contribuições da 1 fase do PDE*" (SMP Phase 1 Contributions) and "*Caderno Versão 1*" (Notebook Version 1), a publication that describes the entire participatory process of development of the São Paulo SMP.

In the first phase (evaluative) of preparation of the São Paulo SMP, six participatory activities were conducted (thematic evaluations and dialogues with social segments), involving 1,804 participants and 1,846 contributions. Six activities took place over five days, distributed across presentations in plenary sessions and group workshops, addressing themes such as i. Housing; ii. Urban Tools; iii. Priority Investments; iv. Environment; v. Mobility and vi. Land Use and Occupation. According to a report by the Center for Metropolitan Studies (CEM, 2014a, 2014b).

Implementation of the described participation strategies showed the city government's concern in providing different forms of public consultation that would allow wider social participation, as well as creating spaces for debate in which citizens could learn about and recognize the positions, interests and proposals advocated by the various social segments and/or groups interested in influencing composition of the new law.

Thus, it is clear that the state allowed access to information, held public consultations and even encouraged and urged participation. However, there were no guarantees that the opinions would be considered or incorporated into the law. The process basically consulted those members of the public who were interested in the issues at hand. They categorized the process used in the development of the SMP as Pseudo-Participatory, according to the "Ladder of Citizen Participation". It is a process in which the participants, however small their contributions, really impact the objectives of the Plan.

Taking the "Housing" thematic workshop as a reference, 608 contributions were received, about 33% of the total contributions from the first phase, as shown in Figure 4. This indicates its predominance over the other themes. The second highest number of contributions was related to the "Environment", which received 345 contributions, placing it ahead of themes such as "Priority Investments", "Land Use and Occupancy" and "Mobility", reflecting the current prioritization of elements linked to the environment.

⁴Information provided, since April 2013, by the Municipal Urban Development Department (SMDU) on the *Gestão Urbana SP (SP Urban Management)* website at <http://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/arquivos-pde-biblio/>. Accessed on 05/01/2016.

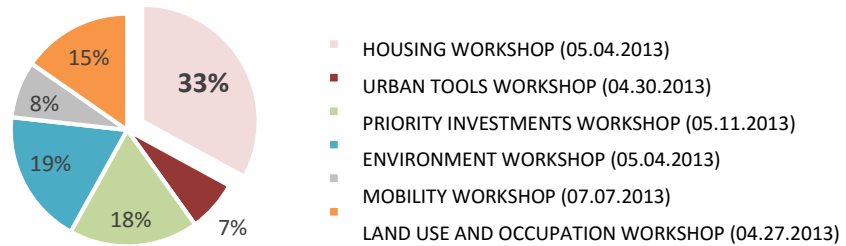


Figure 4 - Contributions to the São Paulo SMP by Workshop. Source: authors, 2016, based on "QUANTITATIVE ASSESSMENT OF THE CONTRIBUTIONS" - São Paulo (2014).

When analyzing the contributions by theme (Figure 5), the importance of the "Housing" theme is evident. However, although the "Environment" workshop received the second most contributions, it was third in the plan, because the total number of contributions specific to the environmental theme, at 14% of the total, was surpassed by contributions related to "Priority Investments", with 16% of the total. Furthermore, it should be noted that the theme relating to "Social Equipment" received the least contributions, with around 1%.

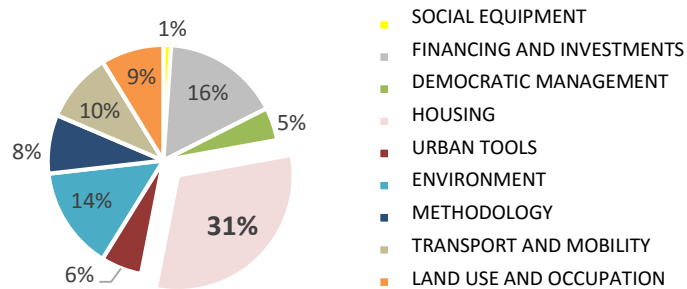


Figure 5 - Contributions to the São Paulo SMP by Theme. Source: authors, 2016, based on "QUANTITATIVE ASSESSMENT OF THE CONTRIBUTIONS" - São Paulo (2014).

Regarding participation by class, this study categorized the participants into 8 classes: 1. Private Institutions; 2. Associations and Unions; 3. Councils; 4. Individuals; 5. Foundations, Institutes and Non-Governmental Organizations; 6. Groups; 7. Government and 8. Plenary Sessions. The "Groups" category unites the contributions made in the abovementioned Thematic Groups, guided by the city government. The "Plenary Sessions" category unites the contributions made by participants who registered to present and speak publicly. Although the contributions have been analyzed individually, each one was also quantified for each of the proposed classes. Analysis of the results given in Figure 6 shows that the category that made the most contributions was the "Groups", with almost 60% of the total. It is worth noting the minimal participation of the "Councils" category, with less than 1% of the total contributions, which in absolute numbers represents only 3 contributions.

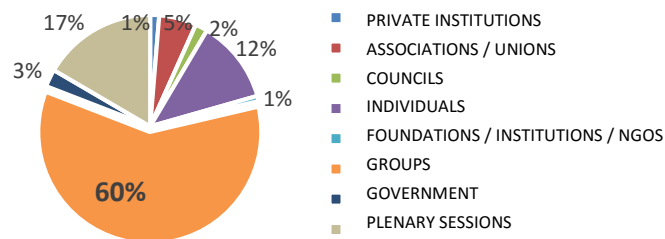


Figure 6 - Contributions to the São Paulo SMP by Class. Source: authors, 2016, based on "QUANTITATIVE ASSESSMENT OF THE CONTRIBUTIONS" - São Paulo (2014).

It should be noted that because the Thematic Groups were led by technicians, it was not possible to evaluate whether there was any symptomatic disagreement between representatives and the represented, a fundamental characteristic of a governance model that is anchored in democratic management. It is also important to note that the "Groups" category served as the largest participatory activity. In the case of the "Housing" Workshop, for example, the "Groups" category surpasses the individual contributions by nearly 20 times, as shown in Figure 7.

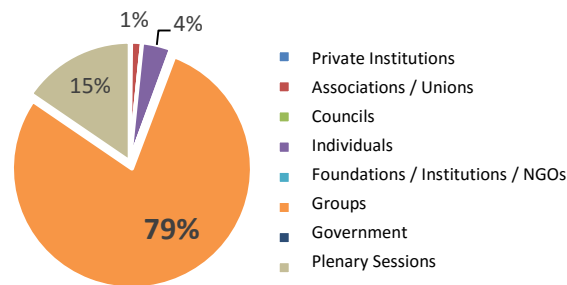


Figure 7 - Contributions to the São Paulo SMP by Class - Housing Workshop. Source: authors, 2016, based on "QUANTITATIVE ASSESSMENT OF THE CONTRIBUTIONS" - São Paulo (2014).

It is also important to highlight that according to the IBGE (Brazilian Institute of Geography and Statistics) (2015), the city of São Paulo has a population of almost 12 million inhabitants, and saw a participation rate of less than 0.02%, both in number of participants and in number of contributions, showing that the even though process was participatory from a formal point of view, there were deficiencies regarding its representativeness.

5 CONCLUSION

It is clear that urban public policies seek to promote human well-being in cities and their relationships with territorial dynamics. These urban development tools include a set of actions and measures that can - or must, even - foster the democratic participation of society. Social contributions are considered capable of providing inputs or indicators that can improve urban engineering and planning solutions.

The government's efforts to improve communication with the public were noticeable. However, from a quantitative point of view, such efforts were still ineffective in the first phase of the SMP revision. Although policy bases and participatory urban management have been installed in São Paulo, this has not guaranteed classification of the process as "Participatory" according to the adopted method of analysis. For the specific case of the SMP, it is possible that this classification results in the proposal of policies that do not consider the real interests of the citizens in a more general context.

The constitutional and regulatory imposition for designing Participatory Master Plans, in theory, applies the influence of the population to the construction of cities. The classification of the SMP construction process as "Information and Consultation" therefore shows that although we have advanced, we fall short of the ideal for the process, which should be implemented according to plural determinant participation for decision-making in communities.

REFERENCES

- Arnstein, S. 1969. A ladder of citizen participation in the USA. *Journal of the American Institute of Planners* 35 (4): 216-24.
- Avritzer, L. & Navarro, Z. (orgs.). 2003. *Democratic innovation in Brazil*. São Paulo: Cortez.
- BRAZIL 2001. House of Representatives. City Statute: A guide to implementation for municipalities and citizens. Brasilia: Urban and Rural Development Commission; Sedu-PR; CEF; Polis Institute.
- BRAZIL Constitution. 1988. *Constitution of the Federative Republic of Brazil*. Brasilia, DF: Federal Senate: Graphic Center.
- CEM - CENTER FOR METROPOLIS STUDIES. 2014a. Advisory services for the Urban policy committee - Rapporteur of the Master Plan. Product 3.1. Final systematization of the contributions presented in writing or verbally by the public in the technical meetings, public hearings, via the City Government website or mailed to the Committee for Urban, Metropolitan and Environmental Policy. São Paulo: CEM/CEBRAP.
- CEM - CENTER FOR METROPOLIS STUDIES. 2014b. Report for the Urban policy committee - Rapporteur of the Master Plan. Product 4. Compilation of the studies prepared on the Plan's themes. São Paulo: CEM/CEBRAP.
- Feenberg, A. 1992. Democratic rationalization: Technology, power and Freedom. *American Philosophical Association, Inquiry* 35(3/4).
- Habermas, J. 1991. A reply, in A.Honneth & H.Joas (Eds). *Communicative Action. Essays on Jürgen Habermas' The Theory of Communicative Action*. Cambridge, Polity Press.
- Hernández, F. D. M. & Bermann, C. 2006. *Participation of civil society in planning as part of a new environmental ethic: Considerations on participatory management of water catchment areas in Santo André*. In Meeting III of the Meeting of the National Association of Graduate Studies and Research into the Environment and Society (ANPPAS); May 23-26, 2006. Brasilia, Federal District.
- IBGE - Brazilian Institute of Geography and Statistics. 2016. Profile of Brazilian municipalities: 2015. IBGE, Population Coordination and Social Indicators. - Rio de Janeiro.
- Pizzirani, F. 2006. *The Role Of Citizen Participation Processes In Municipal Management: Study of the Participatory Budget in the Municipality of Rio Claro, SP*. School of Philosophy, Literature and Human Sciences, University of São Paulo (Masters Thesis). São Paulo.
- Rudd, T.; Colligane, F. & Naik, R. 2006. *Futurelab: Learner voice handbook*. Research report. 2006. Harbourside: Bristol.
- SÃO PAULO - Municipal Department for Urban Development: Urban Management - Strategic Master Plan Report - São Paulo (2014). Available at <http://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/arquivos/PDE_lei_final_aprovada/APRESENTACAO/SM DU_PDE_140731_sancao_FINAL.pdf>. Available on 09/08/2015.
- SÃO PAULO - Municipal Department for Urban Development: Infocity - São Paulo (2015) - Available at <http://infocidade.prefeitura.sp.gov.br/htmls/7_populacao_recenseada_e_taxas_de_crescime_1980_702.html>. Available on 08/13/2015.
- Silva, S. T. 2003. Public policies and Urban sustainability strategies. School of
- Souza, M. J. L. (2001). *Changing the city: a critical introduction to urban management and planning*. 8th ed. Bertrand. Rio de Janeiro.
- Souza, M. J. L. (2000). *The Metropolitan Challenge. A study of socio-spatial problems in Brazilian cities*. 2nd ed. Bertrand. Rio de Janeiro.
- Vera, E. & Lavallo, A. 2012. *Architecture of participation and democratic control in Brazil and Mexico*. *New Studies* 92:105 -121.



Analysis of the Portuguese building retrofitting market

Catarina Araújo

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal
cba@civil.uminho.pt

Manuela Almeida

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal
malmeida@civil.uminho.pt

Luís Bragança

University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal
braganca@civil.uminho.pt

ABSTRACT: The Portuguese socio-economic context of the last decades of XX century led to a great investment by the construction industry in new construction. This tendency continued even after the number of buildings had largely overcome the number of families. Nowadays, there are in Portugal more 45% of dwellings than families. On the other hand, the existing buildings were several times built without a proper consideration of important issues, such as thermal comfort, acoustic comfort, ventilation needs, natural lighting, among many others. For these reasons, many Portuguese buildings have big retrofitting needs. This study intends to present a statistical analysis of the Portuguese residential buildings retrofitting needs. Additionally, it was intended to study in what extent the retrofitting works currently being carried out overcome these needs. This analysis was made based on collected data from a survey responded by construction companies operating in Portugal.

Keywords *Retrofitting; Building Market; Construction companies.*

1. INTRODUCTION

The number of buildings being built in Portugal has increased substantially from the 70s of the twentieth century. Around 63% (3 544 389) of the existing buildings in 2011 has been built after 1971 (INE & LNEC 2013). Figure 1 presents the number of existing buildings in Portugal sorted by construction period.

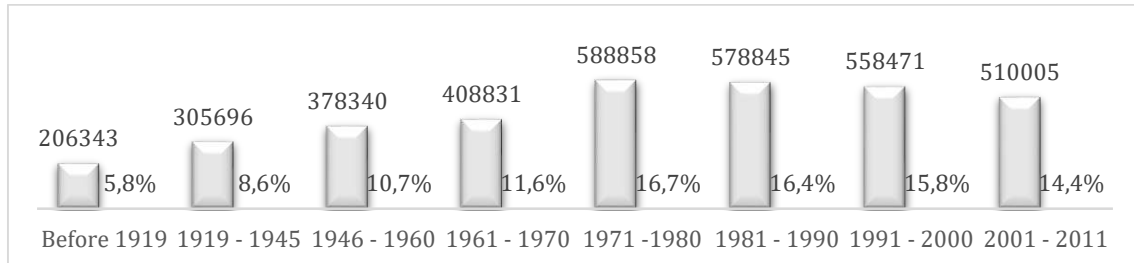


Figure 1. Number of Portuguese buildings sorted by construction period. Adapted from (INE and LNEC, 2013).

The Portuguese building stock can be divided into three main periods: old buildings, constructed before 1960; buildings built between 1960 and 1990 in the period of expansion of reinforced concrete as a structural material (Freitas 2012); and buildings built after 1990 (date of the entrance into force of the first thermal regulation). Figure 2 presents the distribution of the existing buildings for these three periods.

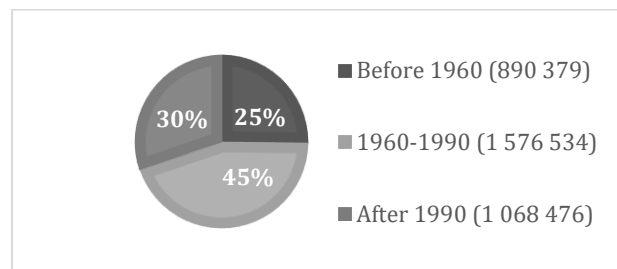


Figure 2. Percentage of Portuguese buildings by period of construction (INE & LNEC 2013).

According to data provided by 2011 census, 1 022 937 Portuguese buildings have retrofitting needs. However, these data only consider the conservation state of the buildings envelope and structure. The number of buildings in need of being retrofitted in order to have a proper level of comfort is however much higher. Additionally, in 2011 there were 1,4 family buildings for each family (4 043 726 families to 5 859 540 family buildings) (INE & LNEC 2013). Thus, both the buildings conservation state as the number of existing buildings clearly demonstrate the need to stop investing in new construction and start to retrofit the existing building stock.

In fact, the Portuguese building sector is already changing and the retrofit operations are increasing. Thus, it is extremely important to analyze the actual building retrofitting needs. It is also important to verify if the retrofitting operations currently being carried out are focused on those needs. In this paper, it is presented an analysis of the Portuguese building retrofitting needs as well as the results of a survey sent to building sector professionals, where the retrofitting activities currently being performed in Portugal have been analyzed.

2. PORTUGUESE BUILDINGS RETROFITTING NEEDS

The number of Portuguese buildings with retrofitting needs and the excess of buildings in the Portuguese territory, demonstrates the need to turn the construction market attention from new construction to retrofitting.

It is very important to understand the national buildings conservation state as well as the most common pathologies in the existing buildings. Across the last years, some studies have been developed with this goal (PTPC 2015; Appleton 2003; Freitas 2012; INH & LNEC 2006; Lourenço 2013; Mateus 2013; Saint-Gobain Weber 2013). The problems identified in these studies can be grouped in four main issues: buildings layout; safety; hygiene, health and comfort; and energy efficiency.

2.1 Buildings Layout

The problems related to buildings layout are different according to the building age. In older buildings (mainly on those constructed before the publication of the buildings and urbanizations general regulation – RGEU) the problems are usually more serious. It is common to see pathologies such as an insufficient dimension of staircases, inexistence of service common spaces, inexistence of elevators or space to install them, interior rooms without direct access to exterior, rooms with very small dimensions, etc. (INH & LNEC 2006).

The publication of RGEU has led to the correction of many of these problems and to the assurance of better safety and healthiness conditions. However, after the 70's the Portuguese building sector faced a boom that led to the construction of many of the existing buildings (Figure 1). However, most of these buildings were constructed without any urban planning concerns and under a high market pressure. The building sector was extremely profitable, the buildings were built in this perspective and without a proper care regarding the construction quality. Therefore, many of these buildings present several layout problems such as ground floors non-protected from exterior views; low natural light availability; lack of storage spaces; absence of cross ventilation, etc. (INH & LNEC 2006).

2.2 Safety

Safety can be divided into four main areas: structural; fire; intrusion; and utilization. The problems related to intrusion and utilization safety are not very relevant in the Portuguese buildings and so they will not be considered in this work.

Structural safety is one of the most important issues in a building. In retrofitting it is more relevant in older buildings. Buildings built before 1960 have more than 50 years and therefore already exceeded the lifespan for which they have been dimensioned. A large part of these buildings are still in use and many of those have been adapted to new user needs. However, in many cases, the structural performance has not been properly adapted (Appleton 2003). After 1960, the reinforced concrete became the dominant structural material in the Portuguese buildings. This has eliminated many of the existing structural problems (rottenness of structural material, disaggregation or crushing).

Decree-Law 220/2008 of November 12 (Legal Regime of Fire Safety in Buildings – RJ-SCIE) defines the criteria with which buildings should comply with fire safety. The buildings built

before the RJ-SCIE have several fire safety problems: resistance to fire of the building materials, paths inside the building that do not allow quick access for firefighting, lack of firefighting infrastructures, etc. (INH & LNEC 2006). The buildings built after the publication of the regulation for fire safety should not have problems in what concerns this issue. However, some of them do not fulfill the legislation requirements and thus also have retrofitting needs at this level.

2.3 Hygiene, Health and Comfort

Regarding hygiene, health and comfort, the main problems of Portuguese buildings can be divided in: sanitation of buildings; humidity; thermal comfort; acoustic comfort; and lighting.

After 1951, with the entrance into force of RGEU (Portugal 1951), the majority of the buildings sanitation problems has been resolved. However, several buildings built before the publication of this regulation face some problems such as inexistence of sewage systems, inexistence of drinking water systems, inexistence of sanitary facilities, etc..

The presence of humidity/mould in buildings is a main issue since it is related to the deterioration of building elements, with the salubrity conditions and hygrothermal behavior. The humidity can appear due to different phenomena: construction humidity, ascending from the soil, precipitation or condensation (Appleton 2003). From these, the final three are the main responsible for the Portuguese buildings humidity related pathologies. Problems with humidity from precipitation and ascendant from the soil are more common in older buildings where a proper waterproofing was not applied (Appleton 2003; Lourenço 2013; Saint-Gobain Weber 2013; INE & LNEC 2006). In the case of most recent buildings, this type of situation only occurs in situations of bad construction. The most common humidity problems in recent buildings (those built after 1990, year of the publication of the first Portuguese thermal regulation) are related with condensations (Appleton 2003; Saint-Gobain Weber 2013; INE & LNEC 2006).

Concerning to lighting, Portugal has good conditions to take full advantage of natural light benefits. However, some aspects prevent that to happen: obstructions in front of the windows; bad orientation and inappropriate characteristics of windows; interior rooms without direct access to the exterior, etc. (INE & LNEC 2006). Thus, despite the studies (Buratti et al. 2013; Wu 2003) that prove the importance of natural light to the well-being of the buildings' users and to energy efficiency, there are several problems at this level in the Portuguese buildings.

In 2004, the Portuguese agency for consumers defense (DECO) has performed a study aiming to analyze the buildings acoustic insulation. 27 buildings located in Lisbon and Porto were analyzed. It has been verified that the majority of these buildings presents insufficiencies concerning the acoustic performance (DECO 2004). Before the entrance into force of the Regulation of buildings acoustic requirements in 2002 (subsequently amended for the Decree-Law 96/2008 of June 9) (Portugal 2008), the buildings acoustic insulation was treated as a secondary subject. Around 80% of the Portuguese buildings were built before that. Thus, the majority of those was designed without any care regarding the acoustic performance.

According to a study performed in 2003, Portugal is the European country with more winter mortality (Healy 2003). Since Portugal has mild weather, this fact is related to the buildings lack of quality (Lopes 2010). Around 2,5 million Portuguese buildings were built before the publication of the first thermal regulation. Before that, the application of thermal insulation on the envelope was not common. Table 1 presents the number of Portuguese housing with thermal insulation on the envelope.

Table 1. Portuguese housing with thermal insulation. Adapted from (INE & LNEC 2013)

Insulation element	Nº of housing	%
Exterior walls	828 494	21,1
Roof	434 099	17,1

Besides the lack of insulation, the majority of the Portuguese buildings does not have centralized acclimatization systems (INE & LNEC 2013).

2.4 Energy Efficiency

The production and use of energy are two of the main causes of the severe environmental crisis faced by the planet. In the EU-27, 80% of the greenhouse gasses are energy related (EEA 2011). In 2007 the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC 2007) stated that the biggest portion of growth in carbon emissions was related to the buildings' operation. The building sector is responsible for consuming approximately 32% of the final energy and almost 40% of primary energy in Europe (EU 2010). However, in Portugal, it is estimated that more than 50% of the buildings energy consumption can be reduced through energy efficiency measures (ADENE 2016). This demonstrates the high level of energy inefficiency of the Portuguese buildings.

3. PORTUGUESE BUILDING RETROFITTING WORKS - SURVEY

With the goal of analyzing the Portuguese buildings retrofitting works going on, a survey was conducted. The main questions addressed were the following:

- To what extent is the Portuguese building market focusing on retrofitting?
- What aspects are being considered in the retrofitting process?
- Are these aspects meeting the Portuguese building retrofitting needs?

The survey was sent to professionals currently working, or that have worked in the past 5 years, in a construction company with activity in retrofitting.

3.1 Methodology

The survey was sent by electronic mail to around 700 professionals. 100 responses were received, corresponding to around 14% of the sample. Three answers were not considered valid since the respondents do not work in companies with activity in retrofitting.

The survey has six questions. Three of those were meant to characterize the companies and the other three were intended to provide an answer to the survey's main goal:

- Companies dimension;

- Companies' intervention zone;
- Type of buildings usually intervened by the company;
- Percentage of activity dedicated to retrofitting;
- Type of pathologies on which the retrofitting works incur;
- Type of building solutions applied.

3.2 Results

3.2.1 Companies characterization

The majority of answers obtained (61%) belongs to professionals working in micro-companies (less than 10 workers). The remaining responses belong to: small companies (between 10 and 49 workers) -21%; medium companies (between 50 and 249 workers) - 9%; big companies (more than 250 workers) - 9%. It was expected that the majority of responses came from micro companies since those represent the majority of the Portuguese construction companies (Banco de Portugal 2014).

Regarding the companies' intervention zone, it was possible to obtain answers from all regions of Portugal (Figure 3). The regions with more respondents are Estremadura, Minho and Douro Litoral. According to a study performed by the Bank of Portugal, these are the Portuguese regions with the larger number of construction companies (Banco de Portugal 2014).

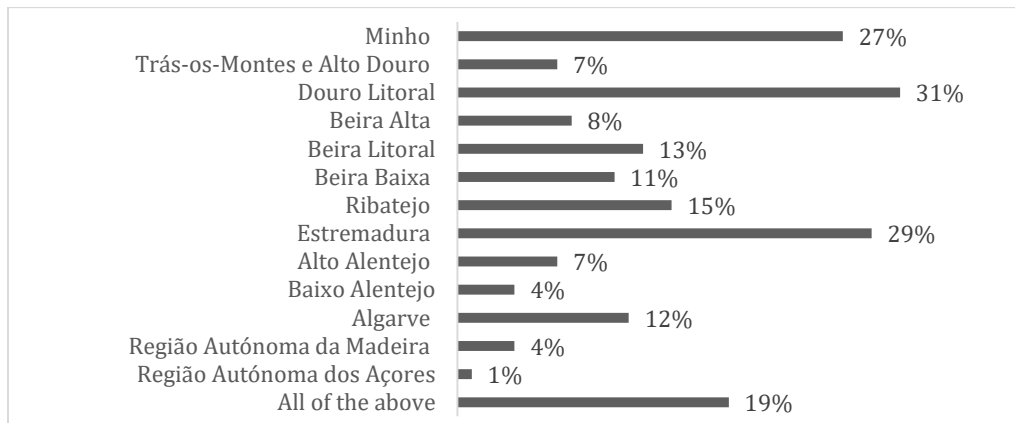


Figure 3. Geographic distribution of the companies' intervention zone.

Figure 4 presents the types of building that are usually the target of the retrofitting works performed by the respondents companies. The majority of companies is essentially focused on residential buildings, the most common type of buildings in Portugal.

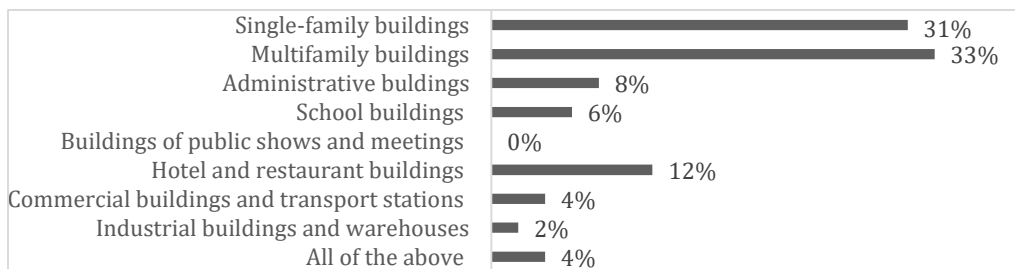


Figure 4. Type of buildings usually intervened by the companies.

3.2.2 Retrofitting Works

The 4th question of the survey regards the companies' percentage of activity dedicated to retrofitting. Table 2 presents the mean, median and mode of the obtained results.

Table 2. Statistical data on the companies' percentage of activity dedicated to retrofitting.

Mean	46%
Median	40%
Mode	10%

Taken into account the Portuguese building stock, these values are not the ideal. However, Portugal is a country with a strong construction culture focused on new construction. Thus, the fact that almost half of the construction companies' activities are on retrofitting clearly demonstrates a new tendency.

The results regarding the question about the type of pathologies on which the retrofitting activities usually incur are presented in Figure 5.

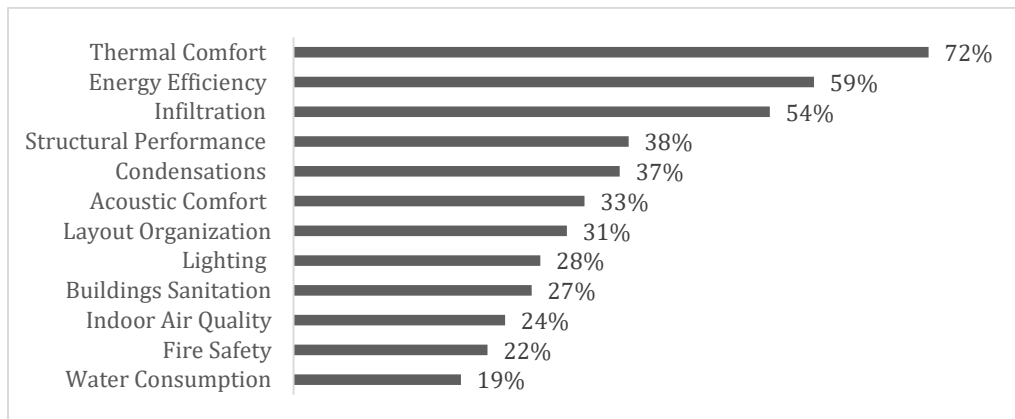


Figure 5. Type of pathologies on which the retrofitting activities incur.

The options with more responses were “Thermal Comfort” and “Energy Efficiency”. This could be related to several reasons. The transposition of the EPBD 2002 and 2010 (EU 2010; EU 2002) into the Portuguese legislation motivated deep changes in the construction solutions applied to buildings. It brought to the public discussion questions about these two topics and the population and technical community are now more sensitive to these subjects. Some energy efficiency related programs and financing schemes have been launched in Portugal. Additionally, those are aspects that the population understands as essential to the buildings' comfort and operation costs.

Another issue that interferes with the building energy efficiency are the lighting conditions. The relation between these two subjects is probably the reason why there are 28% of responses on the option “lighting”.

The options “Infiltrations” and “Condensations” are also among the most selected. These aspects motivate several problems in the Portuguese buildings and interfere with the building aesthetic, thermal comfort and indoor air quality. These aspects could motivate several building owners to invest in the correction of these problems.

The Portuguese building stock has a large amount of old buildings. Thus, it was expected that the structural performance was the goal of a big amount of retrofitting operations. The number of responses on this option could be also related to the programs to support urban regeneration that have been launched in the recent years. Also related to these programs may be the amount of selections on “Layout Organization” and “Buildings sanitation”.

Due to the construction boom occurred in Portugal, a lot of buildings are located in zones exposed to high levels of noise. Additionally, it is very common to see residential buildings with commerce or services on the ground floor. Thus, many buildings face acoustic discomfort which can motivate many owners to invest in acoustic retrofitting.

The options with fewer selections were “Indoor air quality”, “Fire safety” and “Water consumption”. These three aspects are many times neglected in the Portuguese buildings. However, the number of selections on these options allows concluding that this tendency is starting to change.

Figure 6 presents the results for the last question of the survey. The figure shows the type of solutions that are most and less applied when performing a retrofitting operation. As expected, the solutions most frequently applied are related to the type of pathologies most selected in the previous questions.

Solutions	Selections
Improvement of the envelope thermal insulation	72
Repairing / Replacement of roofs	71
Repairing / Replacement of roofs and windows	62
Installation / Replacement of acclimatization systems	61
Repairing / Replacement of interior floor and ceilings	55
Replacement of lighting systems	49
Painting / Replacement of exterior coatings	49
Painting / Replacement of interior coatings	48
Repairing / Replacement of electric installations	44
Reorganization of building interior rooms	44
Replacement of kitchen or bathroom equipment	43
Envelope waterproofing	43
Repairing / Replacement of structural elements	42
Repairing / Replacement of interior walls	42
Repairing / Replacement of rainwater drainage system	40
Installation of renewable energy systems	40
Repairing / Replacement of potable water equipments	37
Repairing / Replacement of gas network	36
Improvement of the envelope acoustic insulation	30
Installation / Replacement of mechanical ventilation systems	29
Installations of ventilation grids	27
Repairing / Replacement of groundwater drainage system	23
Adoption / Replacement of shading elements	23
Replacement of exterior walls	20

Figure 6. Type of solutions applied in retrofitted buildings.

These results also show that it is more frequent to improve the buildings' envelope than to install acclimatization systems. However, the adoption of acclimatization systems was one of the most selected options. This demonstrates the need to improve the energy efficiency

of these systems and to invest in renewable energy systems. However, the installation of renewable energy systems was not one of the most selected options.

Additionally, some of the most selected options allow concluding that a big part of the Portuguese buildings being retrofitted are either old buildings or present big retrofitting needs. It is the case of: “painting / replacement of interior or exterior coatings”, “repairing /replacement of electric installations” or “reorganization of building interior rooms”.

4. CONCLUSIONS

Portugal has a large amount of buildings when compared with the number of inhabitants. A big number of these buildings has retrofitting needs. This shows that it is necessary to change the building sector paradigm from new construction to retrofitting.

In this paper, the main Portuguese buildings retrofitting needs were identified. These were grouped into four main aspects: buildings layout; safety; hygiene, health and comfort; and energy efficiency.

A survey was developed and sent to active building sector professionals. It was concluded that the building retrofitting operations currently being carried out are properly addressing the Portuguese buildings retrofitting needs.

5. ACKNOWLEDGEMENT

The authors acknowledge the Portuguese Foundation for Science and Technology and POPH/FSE-MCTES for the financial support for this study under Reference SFRH/BD/112703/2015.

REFERENCES

- ADENE, 2016. Adene- Agência para a Energia. Certificação Energética. Available at: <http://www.adene.pt/textofaqs/o-que-e-0> [Accessed May 19, 2016].
- Appleton, J., 2003. *Reabilitação de edifícios antigos - patologias e tecnologias de intervenção* Edições Or.,
- Banco de Portugal, 2014. *Análise do setor da construção*, Available at: https://www.bportugal.pt/pt-PT/ServicosaoPublico/CentraldeBalancos/Biblioteca de Thumbnails/Estudos da CB 15_2014.pdf.
- Buratti, C. et al., 2013. Unsteady simulation of energy performance and thermal comfort in non-residential buildings. *Building and Environment*, 59, pp.482-491. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132312002570>.
- DECO, 2004. Isolamento acústico: lar ruidoso lar. Available at: <https://www.deco.proteste.pt/institucionalemedia/imprensa/comunicados/2004/isolamento-acustico-lar-ruidoso-lar> [Accessed May 10, 2016].
- EEA, 2011. Energy and non-energy related greenhouse gas emissions (ENER 001) E. E. Energy, ed. *Assessment published August 2011*. Available at: <http://www.eea.europa.eu>.
- EU, 2002. Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings.
- EU, 2010. Directive 31/2010/EU of 19 May 2010 on the energy performance of buildings E. Parliament, ed.
- Freitas, V.P., 2012. *Manual de Apoio ao Projeto de Reabilitação de Edifícios Antigos* Ordem dos Engenheiros da Região Norte, ed.,
- Healy, J., 2003. Excess winter mortality in Europe: A cross country analysis identifying key risk factors. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 57, pp.784-789.

- INE & LNEC, 2006. *Guia Técnico para a Reabilitação Habitacional* 1ª Edição. INE & LNEC, eds.,
- INE & LNEC, 2013. O Parque habitacional e a sua reabilitação - análise e evolução 2001-2011 Instituto Nacional de Estatística & Laboratório Nacional de Engenharia Civil, eds.
- INH & LNEC, 2006. *Guia Técnico da Reabilitação Habitacional*, Instituto Nacional de Habitação Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
- IPCC, 2007. Climate change, Synthesis Report I. P. of C. Change, ed. Available at: <http://www.ipcc.ch/>.
- Lopes, T. da C., 2010. *Reabilitação sustentável de edifícios de habitação*.
- Lourenço, P., 2013. *Guia para a Reabilitação - Revestimentos & impermeabilização de coberturas cerâmicas inclinadas*, Projeto “Cooperar para Reabilitar” da InovaDomus. Available at: http://www.inovadomus.pt/cooperar/?page_id=195.
- Mateus, D., 2013. *Guia para a Reabilitação - Condicionamento acústico (compartimentação interior, fachaas, coberturas e instalações técnicas)*, Projeto “Cooperar para Reabilitar” da InovaDomus. Available at: http://www.inovadomus.pt/cooperar/?page_id=195.
- Portugal, 1951. Decreto-Lei n.º 38 382 de 7 de Agosto de 1951, Regulamento Geral das Edificações.
- Portugal, 2008. Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE). *Decreto-Lei n.º 96/2008*.
- PTPC, 2015. *Caderno de Síntese Tecnológica - Reflexão sobre a Estratégia para a Reabilitação em Portugal* D. F. Henriques et al., eds.,
- Saint-Gobain Weber, 2013. *Guia para a reabilitação - Tratamento de zonas afetadas por humidades, eflorescências criptoflorescências e fungos (paredes, tetos e pavimentos)*, Projeto “Cooperar para Reabilitar” da InovaDomus. Available at: http://www.inovadomus.pt/cooperar/?page_id=195.
- Wu, W., 2003. A review of the development of daylighting in schools. *Lighting Research & Technology*, 35.2.



Standardization of water loss indicators in water supply services: The experience of regulatory agencies in Brazil

Edumar Ramos Cabral Coelho

*Federal University of Espírito Santo, Department of Environmental Engineering, Vitória (ES), Brazil
edumar.coelho@ufes.br*

Saulo Biasutti

*Federal University of Espírito Santo, Professional Master's in Engineering and Sustainable Development, Vitória (ES), Brazil
saulobiasutti@gmail.com*

ABSTRACT: Regulators of water supply services have a major challenge to develop and implement a set of indicators to assess effectively water losses. You can find in the literature water loss indicators in different formats, making it difficult to assess the performance in combating losses between different water supply companies. In this context, this article aims to investigate and describe documents that establish the normative basis of water loss indicators for the regulation of water supply services. A questionnaire to 44 regulatory agencies (27 states, 2 inter-municipals and 15 municipals) was sent, requesting information about the internal standards for water loss indicators. Subsequently, the set of indicators identified was compared with loss indicators adopted in the National Sanitation Information System (SNIS), observing variations in terminology, unit and formula indicators. The results show that there is still not a consolidated set of standardized loss indicators in Brazil. The main divergence between the indicators is the delimitation of the volume control, which does not always consider the volume of water imported, exported or service. Moreover, few regulatory sanitation agencies have internal rules for the standardization of loss indicators. Therefore, the Brazilian Association of Regulatory Agencies (ABAR) is still in the development phase of a set of performance indicators that can be used in the regulation of a standardized way of water supply services.

Keywords *Water losses. Indicators. Water Supply.*

1. INTRODUCTION

The new Brazilian regulatory system, created from the emergence of regulatory agencies for regulatory reform in the 1990s, is still in consolidation phase (Ramalho et al. 2009). In particular, regulators of water services still have a major challenge to develop and implement a set of indicators to assess effectively the quality of services provided (Abar 2006).

From an operational point of view, water losses are important indicators in assessing the operating efficiency of sanitation companies (Abes 2013), as a system with a high losses rate, may require frequent interruptions in supply, compromising the quality of services (Almandoz et al. 2005).

You can find in the literature several loss indicators in different formats (Miranda 2002). As a result, the International Water Association (IWA), in the late 90's, laid the normative basis of the performance indicators for water supply services. The standard of IWA indicators was successful, being adopted by several countries (Kanakoudis et al. 2011).

However, in Brazil there is still no consolidated national standard of loss indicators and therefore a lot of indicators are used by water supply sector, making it difficult benchmark performance in combating losses between different water supply companies (Miranda 2002).

There are initiatives of some sanitation regulatory agencies of standardizing performance indicators on the quality of water supply services. In 2006, the Brazilian Association of Regulatory Agencies (ABAR), which currently brings together 52 partner agencies, held through its Basic Sanitation Technical Chamber an international indicators workshop for regulation of public water and sewer. As a result it was proposed a set of indicators to be used by all regulatory agencies.

In this context, this article aims to investigate and describe documents that establish the normative basis of the loss indicators for the regulation of water supply services and benchmark the proposed methodology for the calculation of indicators, observing variations in terminology, unity and formula.

1.1 Concept of water losses

According to the International Water Association (IWA), water losses are the difference between the given volume of water delivered to the supply system and the authorized consumed water volume (Alegre et al. 2006). The concept of water losses, however, goes further.

In the environmental area, water losses are a waste of water resources. In the context of water bodies severely stressed in the face of growing demand with current consumption patterns, losses are a huge risk to the balance of local ecosystems (Kanakoudis et al. 2011).

In the economic aspect, considering that the cost of treated water is actually made up of several items such as spending on chemicals and energy for water treatment, water losses represent huge operating costs (Giustolisi et al. 2013).

Thus, the high rate of water losses is a decrease in revenues from sanitation companies and thus decreases their ability to invest in improvements of services and expansion of existing water production systems (Abes 2013).

It follows in many cases the need to increase the water tariff rates, which will increase the social dimension of water losses, when one reflects on the fundamental right of access to drinking water.

In addition, high rates of water losses may indirectly pose risks to public health, as a network with physical failure, low pressure or intermittent supply may be exposed to the intrusion of pathogens and chemical contaminants that affect water quality (Almandoz et al. 2005).

1.2 Types of water losses

Water losses are divided into two types: apparent losses and real losses.

Real losses are physical losses of the water supply system, including leaks in the distribution network (both in system pipes as valves and pumps discharge) and extravasations in the reservoirs (Tabesh et al. 2009).

As for the apparent losses account for the changes in volume of water due to inaccuracies in the measurements or estimates of the volume of water produced and consumed, the unauthorized use, to errors in handling flow data and volume of water and the failures in the commercial register (Alegre et al. 2006). In summary, apparent losses (commercial losses) are produced by human error of measurement and management (Tabesh et al. 2009).

2. METHODS

The first step was to search with the regulatory agencies for water supply services documents that develop methodologies and procedures for the construction of loss indicators in water supply systems in Brazil.

A questionnaire was sent by email to 44 regulatory agencies (27 state, 2 intercity and 15 municipal) requesting information about the internal standards for indicators of water losses, if any.

After the identification and selection of information sources, the research data (types of loss indicators, units and etymologies used and the methods employed) were collected and registered.

In the second stage, the set of water loss indicators collected was compared with the loss indicators group adopted by the National Sanitation Information System (SNIS), which is currently the largest database of the Brazilian sanitation sector.

There are two types of loss indicators¹ currently used in the SNIS:

¹ There is some confusion about the meaning of index and indicator, which are often mistakenly used interchangeably. Indicators come from a synthesis of primary data and indexes of aggregate indicators (Brazil 2011). In this article, it was chosen to use the original term of reference even to preserve the nomenclature adopted, for comparison with other references.

- Revenue loss index (IN013) corresponds to the comparison between the volume of water available for distribution and the billed volume;
- Losses in distribution index (IN049, IN050, IN051) which makes the comparison between the volume distributed and the volume consumed².

For the second type, losses in distribution index, SNIS calculates the indicator in three different scales: in percentage (IN049), in liters per connection per day (IN051) and in liters per kilometer network per day (IN050).

Table 1 shows the SNIS loss indicators.

Table 1. SNIS water loss indicators.

Code	Indicator	Equation	Unit
IN013	Revenue loss index	$IN013 = \left(\frac{(AG006 + AG018 - AG024) - AG011}{AG006 + AG018 - AG024} \right) \times 100$	%
IN049	Losses in distribution index	$IN049 = \left(\frac{(AG006 + AG018 - AG024) - AG010}{AG006 + AG018 - AG024} \right) \times 100$	%
IN050	Gross linear loss index	$IN050 = \left(\frac{(AG006 + AG018 - AG024) - AG010}{AG005} \right) \times \frac{10^3}{365}$	m ³ /Km/day
IN051	Losses per connection index	$IN051 = \left(\frac{(AG006 + AG018 - AG024) - AG010}{AG002} \right) \times \frac{10^6}{365}$	L/con./day

Parameters:

AG002 - Number of Active Connections (con.) *	AG011 - Billed Volume (10 ³ m ³ / year)
AG005 - Water Network Extension (km) *	AG018 - Imported Treated Water Volume (10 ³ m ³ / year)
AG006 - Produced Volume (10 ³ m ³ / year)	AG024 - Service Water Volume (10 ³ m ³ / year) ***
AG010 - Consumed Volume (10 ³ m ³ / year) **	

Observations:

* Average parameters, considering the value in the reference year and the value of the previous year.

** Volume of consumed water, including the micro-measured volume (AG008), the estimated volume of consumption for the connections devoid of water meter, plus the exported treated water volume (AG019) to another water supply company.

*** Service water volume includes the volume of water for operating activities, the volume of water recovered due to the detection of illegal connections and fraud and the volume of water for special activities that include the consumption of the operator of the water supply service, the volumes transported by tanker trucks, consumed by the fire department, among others.

Source: Brazil 2016.

² It should be highlighted that the billed volume differs from the consumed volume, as the companies of water supply services adopt minimum or average consumption parameters, which can be higher than the volume actually consumed. Generally, the value of the invoiced amount is greater than or equal to the consumed volume (Brazil 2016).

3. RESULTS AND DISCUSSION

Among the 44 surveyed agencies, only 13 answered the questionnaire. Of these 13 agencies, only 6 have resolutions that establish procedures for assessing losses of water supply services.

The sanitation regulatory agencies and their resolutions of loss indicator standards are presented in Table 2.

Table 2. Regulatory agencies and their resolutions with water loss indicators.

State	Agency	Resolution	State	Agency	Resolution
RS	AGERGS	051 / 2014	CE	ARCE	167 / 2013
ES	ARSI	034 / 2014	AL	ARSAL	137 / 2014
BA	AGERSA	001 / 2012	SC	AGR	007 / 2013

Source: Brazil 2016.

State regulatory agencies of Maranhão (ARSEMA); Minas Gerais (ARSAE); São Paulo (ARSESP); Santa Catarina (ARESC); Mato Grosso do Sul (AGEPAN); Distrito Federal (ADASA) and the municipal agency of Porto Ferreira (ARPF) in São Paulo answered the questionnaire stating that they did not have rules that established water loss indicators at the time. These agencies use as a reference for regulation of water supply services concession contracts with companies, according to Art. 10 of the Federal Law 11445/2007, national policy of basic sanitation.

The state regulatory agency of Espírito Santo (ARSI) adopts the SNIS indicators (IN013, IN049 and IN051) for the evaluation of water losses, excluding only the gross linear losses index (IN050).

The state regulatory agency of Alagoas (ARSAL) establishes indicators (IA09 and IA10) that refer to SNIS indicators (IN013 and IN051, respectively), although they differ in the calculation of the indicators.

Table 3 shows the ARSAL water loss indicators.

Table 3. The ARSAL water loss indicators.

Code	Indicator	Equation	Unit
IA09	Revenue Loss Index	$IA09 = \left(\frac{DA17 + DA18 - DA19}{DA17 + DA18 - DA20} \right) \times 100$	%
IA10	Losses per connection index	$IA10 = \left(\frac{DA17 + DA21 + DA18 - DA20}{DA04} \right) \times \frac{10^3}{\text{dias}}$	L/con./day

Parameters:

DA17 - Produced water volume (m ³)	DA20 - Service water volume (m ³)
DA18 - Imported treated water volume (m ³)	DA21 - Consumed water volume (m ³)
DA19 - Billed water volume (m ³)	DA04 - Number of active connections (con.)

Source: ARSAL Resolution N°. 137/2014.

Thus, when comparing the formulas of the indicators IA09 and IA10 with the indicators of SNIS (013 and IN051, respectively), it is observed that:

- In IA09, the service water volume (DA20) is only deducted from the available volume in the denominator of the formula, different from the SNIS indicator IN013 that deducts the service water volume (AG024) from the available volume in both the numerator as the denominator of the formula;
- In IA10, instead of making the difference between the available volume (+ DA17 DA18) and consumed volume (DA21), it is considered the sum of these amounts in the calculation of the indicator.

The same inconsistencies were identified in the formulas of the state regulatory agency of Ceará (ARCE)³ indicators. The ARCE establishes the loss indicators (IAG11 and IAS16), which are associated with indicators of SNIS IN013 and IN051, respectively, coinciding only in nomenclature and unity of the indicators.

It should be highlighted that an email to the ARSAL and ARCE agencies was sent questioning the differences in the formulas of loss indicators of the agencies with the SNIS indicators. In response, the technical sectors of both agencies confirmed the error in the formulas of the indicators and the resolutions ARCE 167/2013 and ARSAL 137/2014 will be reviewed and an erratum will be issued including the same observations herein.

The state regulatory agency of Bahia (AGERSA) adopts the indicator "losses per connection" corresponding to IN051 indicator of SNIS. However, the definition of the indicator in the resolution CORESAB No. 001/2012 is rather vague, it does not define clearly whether the water volumes imported and service should be considered for the calculation of the indicator, as well as detailed for the IN051 indicator SNIS.

The state regulatory agency of Rio Grande do Sul (AGERGS) adopts "revenue loss index" which differs from the SNIS indicator IN013 because it does not consider in the indicator formula the imported treated water volume. The exported treated water volume is embedded in the variable "consumed volume", as recommended in SNIS.

The regulatory agency of Tubarão (AGR), a municipal agency in the state of Santa Catarina, defined as a performance indicator for the assessment of losses: "losses in distribution index", in percentage, which is the SNIS indicator IN049 of both the nomenclature adopted as the unit. However, it is observed that the definition of the indicator in the agency's standard is rather vague. For example, the AGR Resolution n°. 07/2013 does not define if imported, exported and service water volumes should be considered to calculate this indicator.

Among the group of regulatory indicators of sanitation services recommended by the Brazilian Association of Regulatory Agencies (ABAR), there is only one loss indicator: the "revenue loss index" IN013 the SNIS, coinciding in the nomenclature, formula and unity.

In 2008, the Sanitation Technical Chamber of ABAR included another indicator to assess the losses specifically in the production of treated water, the "losses in production index,"

³ Another initiative worth to be mentioned by the ARCE, is the Regulatory Information System for Water & Wastewater - SIRAE. Implemented in 2004, a pioneer in Brazil, this system had as a result a set of sanitation indicators directed to the regulation of water supply and sanitation in the state of Ceará (Abar 2008). No one can investigate the loss of indicators of this system because in 2009 the SIRAE was discontinued, and even the information stored in the system during the period of its operation, is no longer available, as reported by the technical team of ARCE.

given by the difference between the captured water volume and the treated water volume. In SNIS there is no indicator to specifically assess water losses in production.

Table 4 lists loss indicators adopted by sanitation regulatory agencies and summarizes the main differences compared to SNIS indicators.

Table 4. Sanitation regulatory agencies and their water loss indicators compared to SNIS indicators.

Agency	Indicator	SNIS	Comparative analysis
ARCE	IAG11	IN013	The service water volume is only deducted from the available volume in the denominator of the formula.
	IAS16	IN051	The production volume is added to the volume consumed.
ARSAL	IA09	IN013	The service water volume is only deducted from the available volume in the denominator of the formula. It does not define whether the exported treated water volume should be considered for the calculation of the indicator.
	IA10	IN051	The production volume is added to the volume consumed. It does not define whether the exported treated water volume should be considered for the calculation of the indicator.
AGERGS	Revenue loss index	IN013	The imported treated water volume is not used in the formula, although it coincides in the nomenclature and unit of the SNIS indicator IN013.
AGERSA	Losses per connection	IN051	Does not define if imported, exported and service water volumes should be considered for the calculation of the indicator.
AGR	Losses in distribution	IN049	

Source: Own authorship.

4. CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

The results of this research show that there is still not a consolidated set of standardized loss indicators in Brazil. The main divergence between the indicators is the delimitation of the volume control, which does not always consider the imported, exported or service water volume.

At the state level, few sanitation regulatory agencies have internal rules for the standardization of loss indicators. And ABAR, together with partner regulatory agencies, are still in the development phase of a set of performance indicators that can be used in the regulation of water supply services.

It should be emphasized that there is no perfect indicator, because the set of indicators should be analyzed and decided which best portray the situation of losses. And there should be standardization in the indicators calculation methodology across all process agents (water supply companies and regulatory agencies) for a clearer definition of the loss indicators, in order to allow a coherent assessment of the effectiveness of the water supply companies as to combat losses.

It is suggested that research be conducted with larger samples, ie, with the participation of more sanitation regulatory agencies for the effective design of the current situation of the problem. Finally, this study does not intend to exhaust the theme of the research, but draw attention to the need for further studies for an appropriate proposal of standardization of the water loss indicators to Brazilian needs.

REFERENCES

- Abar - Associação Brasileira de Agências de Regulação. 2006. *Regulação: indicadores para a prestação de serviços de água e esgoto*. Fortaleza: ABAR.
- Abar - Associação Brasileira de Agências de Regulação. 2008. *Regulação: normatização da prestação de serviços de água e esgoto*. Fortaleza: ABAR.
- Abes - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2013. *Perdas em sistemas de abastecimento de água*. Rio de Janeiro: ABES.
- Agergs - Agência Estadual de Regulação dos Serviços Públicos do Rio Grande Sul. 2014. Resolução nº 51, de 20 de março de 2014. *Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul*. 21 mar. 2014. p. 89.
- Agersa - Agência Reguladora de Saneamento Básico do Estado da Bahia. 2013. Resolução nº 1, de 30 de março de 2012. *Diário Oficial do Estado da Bahia*. 31 mar. 2013. p. 26-27.
- Agr - Agência Reguladora de Saneamento de Tubarão. 2013. Resolução nº 7, de 20 de mar. de 2013. *Diário Oficial do Estado de Santa Catarina*.
- Alegre, H. et al. 2006. *Performance indicators for water supply services*. Londres: IWA Publishing.
- Almandoz, J. et al. 2005. Leakage assessment through water distribution network simulation. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 131(6): 458-466.
- Arce - Agência Reguladora de Serviços Públicos do Estado do Ceará. 2013. Resolução nº 167, de 05 de abril de 2013. *Diário Oficial do Estado do Ceará*, Espírito Santo, 24 abr. 2013. Cad. 12, p. 6-41.
- Aris - Agência Reguladora de Saneamento Básico e Infraestrutura Viária do Espírito Santo. 2014. Resolução nº 34, de 10 dez. 2014. *Diário Oficial do Espírito Santo*, ES, 11 dez. 2014. p. 31-32.
- Arsal - Agência Reguladora de Serviços Públicos do Estado de Alagoas. 2014. Resolução nº 137, de 05 de junho de 2014. *Diário Oficial do Estado de Alagoas*, Alagoas, 6 jun. 2014. p. 46-60.
- Brasil. 2007. Lei 11.445 de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. *Diário Oficial [da] república Federativa do Brasil*. Brasília, 8 jan. 2007.
- Brasil. Ministério da Saúde. 2011. *Saúde ambiental : guia básico para construção de indicadores..* - Brasília : Ministério da Saúde: Secretaria de Vigilância em Saúde. .
- Brasil. Ministério das Cidades. 2016. *Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos*. Brasília: SNSA/MCIDADES.
- Giustolisi, O et al. 2013. Operational Optimization: Water Losses versus Energy Costs. *Journal of Hydraulic Engineering*, 139(4): 410-423.
- Kanakoudis, V. et al. 2011. Developing appropriate performance indicators for urban water distribution systems evaluation at Mediterranean countries. *Water Utility Journal*. 1: 31-40.
- Miranda, E. C. 2002. *Avaliação de perdas em Sistemas de Abastecimento de Água - Indicadores de Perdas e Metodologias para a Análise de Confiabilidade*. 2002. 215 f. Dissertation (Master's) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília.
- Ramalho, P. I. S. (Org.) 2009. *Regulação e Agências Reguladoras: Governança e Análise de Impacto Regulatório*. Brasília: Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA.
- TABESH, M. et al. 2009. An Integrated Model to Evaluate Losses in Water Distribution Systems. *Water Resources Management* 23(3): 477 -492.



Integrated Management of Urban Solid Waste in Municipality of Paty do Alferes

Isabela da Rocha Santos Vieira Muniz

*Pontifical Catholic University of Rio de Janeiro, Department of Civil Engineering, Rio de Janeiro (RJ),
Brazil*

isabelavieiramuniz@gmail.com

ABSTRACT: From 2010 on, with the approval of the National Policy for Basic Sanitation and the National Policy for Solid Waste, the topic of solid waste has gained visibility and has been widely discussed. However, one can see that, in most Brazilian municipalities, urban solid waste management has been very far from reaching satisfying results. This paper assesses the Integrated Management of Urban Solid Waste in Paty do Alferes, a municipality located in the state of Rio de Janeiro, and analyzes the operability of the Sorting and Composting Unit set in that municipality. To that end, bibliographical reviews, as well as field researches, data collection and interviews with the people involved in the process, were performed. It was possible to identify weak and strong spots in the municipality's Integrated Solid Waste Management and in the structures and operation of Barro Branco's Sorting and Composting Plant. As a result for Paty do Alferes, it was noted that there is an immediate need for an elaboration of a Municipal Plan for Integrated Management of Urban Solid Waste suitable for the reality of the city in question, which enables the setting of goals and programs for the continuous improvement of services. As for the Barro Branco's Sorting and Composting Plant, it has been concluded that the deficient planning, along with a weak supervision from the government and the lack of technical knowledge from the people in charge of the running of the plant, has made its operation inefficient, causing it to be shut down.

Keywords *Solid Waste; Integrated Management of Urban Solid Waste; Sorting and Composting Unit.*

1. INTRODUCTION

The integrated management of urban solid waste is of great importance to maintaining public health and the environment. The setting of policies suitable for the local reality ensures efficient performance of services, right choice of type of treatment and environmentally appropriate final disposal.

Since 2010, with the regulation of Federal Law nº 11.445 (National Policy for Basic Sanitation) and Federal Law nº 12.305 (National Policy for Solid Waste), the guidelines concerning solid waste management and the responsibilities of its generators and the government became clearly defined, providing extensive discussions and the implementation of classes and seminars all over the country.

The National Policy for Solid Waste provides for the goals, instruments and guidelines regarding solid waste management, both its generators and the government's responsibilities and the applicable economic instruments. Among the goals presented in the above-mentioned law, it's important to point out:

- Reduction of waste consumption and generation, encouragement towards recycling, reutilization, treatment and appropriate disposal of refuse;
- Support to the recycling industry, inciting the use of products made of recyclable raw materials;
- Perfecting of technical team for working with solid waste; and
- Promotion of the engagement of scavengers and associations in actions that involve shared responsibility for the products' life cycle.

This law also reaffirms that social participation is mandatory and essential in all steps of the elaboration process of solid waste plans (national, state and municipal), thus intending for the programs and plans to represent the real local and the people's need, in addition to determining that these plans be publicized in all social spheres.

Specifically for the municipalities, the Federal Law nº 12.305 establishes that the elaboration of the Municipal Plan for Integrated Solid Waste Management is mandatory and that it shall include, among other items, the following minimal content:

- Presentation of the municipality's solid waste status, such as its origin, volume, characterization, and implemented destination and disposal;
- Defined routines and operational specifications for services of urban cleaning and solid waste treatment and destination;
- Trainings and classes to qualify the technical personnel related to the services' implementation and operation;
- Promotion of people's awareness regarding environmental education aiming waste Reduction, reutilization and recycling;
- Reduction, reutilization, selective collection, recycling, and so forth, goals, with the purpose of reducing the amount of refuse sent to environmentally appropriate final disposal;
- Definition of measures for the control and inspection of services related to solid waste management; and
- Delimitation of related environmental liabilities and the measures to mitigate them.

Lastly, the National Policy for Solid Waste determines the prohibition of improper methods of final destination and disposal of solid waste or refuse, such as throwing and burning outdoors or disposal in bodies of water.

In the municipal sphere, it is common to find vague instructions without any definitions for actions and the proper planning regarding the theme, however, after the setting of the Municipal Plans for Integrated Solid Waste Management, a progress in that area was expected.

Due to this new scenery, a great expectation of improvement has been created, but Brazil's current panorama has a long way to go before reaching the universalization standards. Below are some numbers from year 2014:

- Generation of solid waste in Brazil was of approximately 78.6 million tons, representing an increase of 2.9% relative to 2013 (ABRELPE, 2015);
- Evolution of the collection service coverage all over the nation was of only 0.2% relative to 2013, reaching 90.6% (ABRELPE, 2015); and
- Only 58.4% of waste collected in the country had proper destination (ABRELPE, 2015).

And, also, for the state of Rio de Janeiro:

- Only 17.6% of the municipalities had a Solid Waste Plan (BRASIL, 2014);
- 70.3% of the municipalities showed themselves to have an improper control of collection services (BRASIL, 2014); and
- 66% of the municipalities presented problems in the infrastructure of waste final destination locations (BRASIL, 2014).

In this context, an assessment was performed on the solid waste management in the municipality of Paty do Alferes through an analysis of the domiciliary solid waste collection, transportation, treatment and destination system.

Paty do Alferes, chosen as case study of the present paper, is located in the south of Rio de Janeiro state, has a predominantly urban population (79.5%) of 26,359 residents (IBGE, 2010), a municipal human development index in the average range of development and a poverty index equal to 40.65% (TCE-RJ, 2014).

Just like most of Brazilian municipalities, Paty do Alferes deals with several issues concerning basic sanitation and specially services related to urban solid waste management.

The place, however, stands out for its initiative to implement a Sorting and Composting Plant (SCP). The Barro Branco SCP had its operation shutdown early, which was also subjected to analysis in this paper.

From waste management analysis and the assessment of the SCP's operational routines, it was possible to understand the city's difficulties on the subject. This methodology can be equally applied to other municipalities with the same characteristics, so as to support in diagnosing the solid waste status and in creating the Municipal Plans for Integrated Solid Waste Management.

1.1 Methodology

To enable the analyses and assessments of this paper, between June and September 2015, we performed bibliographical reviews, field visits and interviews with the president of the Scavengers Association and the city hall employees involved in the process.

Along with these interviews and visits, it was possible to collect existing documentation from tenders, projects and the SCP's operation.

The compilation of this information enabled the assessment of both the municipality and the SCP's solid waste management.

2. PATY DO ALFERES AND ITS URBAN SOLID WASTE

2.1 The municipality

Paty do Alferes, emancipated in 1989, holds a great agricultural production of tomatoes, from where its title of largest producer in the state and third in the country comes. (VALLENGE, 2014). Its total revenue was of R\$ 69 million (roughly 218 million dollars) in 2013, the 61st biggest revenue in the state of Rio de Janeiro (TCE-RJ, 2014). It is located 119 km (roughly 74 miles) from the city of Rio de Janeiro (VALLENGE, 2014).

In 2010, according to the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE, 2010), it had 26,359 predominantly urban residents. Among the 8,002 permanent households, 3,337 of them had their garbage collection performed directly through the cleaning service, 3,780 had it through cleaning service dumpster, and 885 through burning or burying of its garbage or by throwing it in wastelands, among other unsuitable possibilities.

In 2012, the Court of Accounts of the State of Rio de Janeiro audited the state's municipalities with the purpose of assessing aspects related to planning and quality of urban solid waste collection and final destination services. Regarding the municipality in question, the following was found: improper planning for solid waste management, lack of solid waste management plan, and improper control and provision of solid waste collection services.

2.2 Analysis of integrated urban solid waste management

During field inspections and technical visits, we observed that waste storing is performed by the population by using garbage bags and/or plastic shopping bags. We also noted that trashcans were set in several households, preventing materials from being dragged by the rain, or bags from being damaged by animals.

In addition, in the most populated and commercial districts, which generate a bigger amount of waste, such as downtown, the city hall has set small containers, as can be seen in Figure 1, to facilitate storing, preventing the material from being abandoned in an inappropriate location and a large amount of waste from being exposed, causing negative visual impact.



Figure 1 - Example of containers used in Paty do Alferes

Solid waste collection service is performed by the municipality itself by using 2 compactor trucks, 1 dump truck and 20 employees directly involved in this step. We did not find any evidence of complaints about this service; however, we observed that there isn't a defined collection routine and that there are no records of the urban solid waste collection schedule being followed.

Selective collection is performed only in Parque Barcellos district (door to door) and downtown with the use of volunteer delivery points. The Paty do Alferes' Association of Environmentally Friendly Scavengers is responsible for collecting, sorting and selling the recycled material. Selective collection began March 2014, when an agreement was sealed between the City Hall and the Association to this end. Today, the Association is paid R\$ 8,000 (roughly 25,000 dollars)/month to perform this service.

According to measurement bulletins provided by the city hall, in January 2015, a total of 7,420 kg (16,358 lbs.) of material were recycled, with paper and cardboard being among the main ones. The city hall and the Association do not have a control of the amount of material collected by the Association.

The rest of the material collected by the city hall is transported to an area that works as a transshipment station. However, that area does not have a license to operate as such.

The place used by the Association for selective collection and for the transshipment of the material collected by the city hall is the same area where the Sorting and Composting Plant used to operate.

In this area, the waste is transferred to larger dumpsters and transported to the licensed landfill located in the municipality of Nova Iguaçu. Since 2013, this service is performed by Própria Ambiental and there is waste manifest record that proves its proper destination.

According to the measurement bulletins data relative to the period between 05/25/2015 and 06/23/2015, approximately 363 tons of garbage were collected, resulting in an average of 12.1 tons of garbage per day. The city hall paid around R\$ 100,000 (roughly 316,000 dollars)/month for this service.

In addition to recycling, which is performed in only two districts, since 2014, no other forms of treatment are carried out.

The city does not have a Municipal Plan for Integrated Solid Waste Management, as well as no other document that includes information such as solid waste origin, volume, characterization, rules for transportation and other steps of its management.

In addition, there are no technical qualification programs or actions for implementation of this plan or for environmental education that promotes solid waste non-generation, reduction, reutilization and recycling.

Neither are no definitions concerning the reduction, reutilization, selective collection, recycling, and so forth, goals with the purpose of reducing the amount of refuse sent to environmentally appropriate final disposal;

2.3 Analysis of Barro Branco's Sorting and Composting Plant

During data gathering in the city hall's archives, Barro Branco Sorting Unit's Basic Project was provided. This project, elaborated by the Federal University of Viçosa - MG, was sized to receive up to 15 tons/day of urban solid waste, a future population of 30,000 residents and a 20 years lifespan.

The project presents the units' sizing, showing that they can withstand the estimated amount of waste generated in the municipality; however, we did not find any evidence of a proper characterization of this material being performed, which is one of the most important items for the study of the economic and financial viability of a SCP.

All the structures anticipated in the basic project were built, except for the refuse ditch.

Although there are records that show that the SCP began to work in 2006, its Operating License was only issued in 2009, valid through 2014. However, several conditions in the license were not fulfilled, such as presenting an activity follow-up report that includes photographic account and a spreadsheet for the amount of waste received, sorted and composted, and not allowing that raw urban waste to remain in the plant area for more than 24 hours.

Between the beginning of its operation, in 2006, and the plant's closing, in 2013, three companies were hired to run the unit.

As soon as 2009, it was necessary, on an emergency basis, to hire the services of Central de Tratamento de Resíduos Nova Iguaçu S/A (Nova Iguaçu Waste Treatment Center S/A) to receive, treat and dispose the solid waste, since it was not being sorted, and a big amount of raw material built up in the SCP's courtyard.

Again in 2013, under the management of Paty do Alferes' Entrepreneurs, Environmental Agents and Recyclers Cooperative — a company comprised of old scavengers from the municipality — the situation repeated itself, and the city hall decided to shut down the plant.



Figure 2 – Evidence of big amount of raw materials built up in the SCP's courtyard.

Since during the technical visits the SCP was no longer in operation, it was not possible to follow its routine, so all the information presented from here on was obtained through the interviews performed.

Table 1 – Analysis of the Sorting and Composting Unit's operational routine

SCP's service	Frequency	Routine	C	NC	NI
Waste Receipt	Daily	To alternate the days of selective collection and common collection receipt.		x	
		To receive the selective collection material in the plant's receipt area for a pre-sorting.		x	
		To send, right after pre-sorting, the selective collection's dry waste to specific bays, and the wet waste to be sorted.		x	
		To weigh and write down, after their separation, the dry and wet waste, for monitoring.		x	
		To receive, in this area, domiciliary and commercial waste only.		x	
		To cover with a tarp the garbage that may not have been processed on the day of collection.		x	
Sorting	Daily	To promote strict separation of garbage components.		x	
		To prevent the separated components from dropping on the floor.			x
		To properly distribute the sorted material;	x		
		To weigh the full drums before sending its content to the final destination.		x	
Composting	Daily	To check windrow humidity.			x
		To identify the windrows with numbered signs.			x
		To read and write down the windrows' daily temperature during active degradation phase (90 days) and the maturation phase (30 days) until the completion of the 120-day composting cycle.			x
		To promote aeration at each plowing, every 3 days.			x
		To remove, during plowing, inert material present in the windrow.			x
		To check for nutrients essential to the process.			x
		To ensure that the size of the particles to be composted be no more than 5 cm (about 2 inches).			x

C – In Conformity; NC – Not in Conformity; NI – Not Informed

Table 1 (continued) – Analysis of the Sorting and Composting Unit's operational routine

SCP's service	Frequency	Routine	C	NC	NI
Composting	Monthly	To get rid of flies, by covering the new windrows with a layer of maturated compost and by spraying insecticide in the chutes.			x
		To remove any vegetation produced on the windrows.			x
		To check the waterproofing conditions of the courtyard floor and the expansion joints.			x
		To test the functioning of the tap and hose that supply the composting courtyard, and replace them if necessary.			x
Maturated compost	Weekly	To sift the maturated compost obtained during the week and properly store it.	x		
		To stock this compost in places with waterproof floor and a ceiling, preferably isolated, preventing animals from getting in.	x		
	Semiannually/Annually	To send the materials retained on the sieve to be buried in the refuse ditches.			x
		To collect and send 1 kg (2.2 lbs.) of maturated compost to lab analysis.			x
Recycling	Daily	To organize and stack the bundles per type of material.			x
	Semiannually/Annually	To check the floors' waterproofing conditions.			x
Applicable to all steps.	Daily	To strictly wear PPEs.			x
		To prevent pets from entering the location.			x
		To sweep the area after the end of activities.			x
	Monthly	To wash, with detergent and disinfectant, the receipt area and the pit where the sorting table is.			x
		To clean the gutters and the draining chutes.			x
		To replace the damaged drums.			x
		To perform maintenance on the plant's mechanized components.			x

C – In Conformity; NC – Not in Conformity; NI – Not Informed

2.4 Results

Regarding the integrated management of urban solid waste, it was possible to conclude that:

- The waste storing is properly performed by the population;
- The selective collection needs to be gradually expanded to the rest of the municipality and, for that, it will be necessary to invest in qualification and publicity, as well as hard work to raise people's awareness;
- There are no collection routines established or records of the performance of this service, showing frailty of control and knowledge by the municipality when it comes to its waste; and
- It is crucial that the transfer station be licensed and, for that, it will be necessary that the area's drainage system be in conformity.

As for the Barro Branco SCP, the following critical points were observed:

- A proper waste characterization (gravimetric composition, specific weight, humidity content, etc.) supported by the verification of the plant's technical and financial viability was not performed;
- Due to the nonexistence of selective collection during the period the plant operated, the material was sorted in its raw condition, making the process very expensive and prone to flaws;
- The raw material came contaminated with refuse (diapers, tampons, needles, and so on), risking the health of everyone involved in the sorting and composting process and of possible receptors of the matured compost and recycled material; and
- Non-qualified personnel were hired to manage the plant.

3. CONCLUSION

As a conclusion from the analysis of the integrated urban solid waste management in Paty do Alferes, we can say that many investments will be necessary for it to be totally in conformity with the current legislation, encompassing all issues, from waste classification to its final destination.

As an initial step, it is essential that the elaboration of the Municipal Plan for Integrated Solid Waste Management be performed in coherence with the local reality and with definition of feasible goals and programs.

It is advisable for the selective collection to be gradually expanded and, for that, it will be necessary to create programs to properly raise people's awareness.

One of the aggravating circumstances for the plant's bankruptcy was the city hall's lack of preparation to define and encourage recycling programs for the people, a key factor to guarantee success in a sorting and composting plant, since the people's awareness and their relationship with the garbage is of main importance.

Another big impact in the plant's operation was the replacement of the people in charge of the unit's running and maintenance, pointing out that the city hall should plan an operation that keeps a service continuity, thus preventing management rotation that changes concepts and redefines standards.

In the agreement sealed between the Cooperative and the city hall, the former was completely responsible for the waste, exempting the latter from any control or action over the process. However, since the Cooperative is comprised of former scavengers — professionals not very qualified for proper waste management — a bigger control and participation from the city hall showed to be necessary.

Lastly, we can conclude that a planning, absent in most municipal administrations, is essential in any matter of public administration.

What would be really genuine would be a project that rose from the people's urges and that was handled by the people, even if indirectly. The administration is the government's duty, but the existence of a co-management that began in each person's residence would prove to be efficient, from collection to environmentally appropriate final destination, which is the goal of the elaboration of the Municipal Plan for Integrated Solid Waste Management.

REFERENCES

- ABRELPE. 2015. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil: 2014. Brazil: ABRELPE. Available at: <www.abrelpe.org.br>. Accessed on: October 26, 2015.
- BRASIL, M. C. 2014. *A experiência do TCE-RJ no plano de auditorias em resíduos sólidos*. Rio de Janeiro: TCE-RJ. Available at: <www.tce.rj.gov.br>. Accessed on: October 10, 2015.
- BRASIL. *Lei Federal nº 11.445*, 2007.
- BRASIL. *Lei Federal nº 12.305*, 2010.
- CAMPOS, H. K. T. 2000. Curso: *Modelo de gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos: A Geração de resíduos no Brasil e os problemas associados*. Distrito Federal: ABES.
- FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. *Orientações técnicas para a operação de usina de triagem e compostagem do lixo*. Belo Horizonte: FEAM.
- IBGE. 2010, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo demográfico 2010. Rio de Janeiro: IBGE. Available at: <www.cidades.ibge.gov.br>. Accessed on: July 10, 2015.
- IBGE. s.d. Histórico Municipal: Paty do Alferes. Rio de Janeiro: IBGE. Available at: <www.biblioteca.ibge.gov.br>. Accessed on: July 7, 2015
- INEA. 2009. Instituto Estadual de Meio Ambiente. *Licença de operação nº IN000345*. Rio de Janeiro: INEA.
- MONTEIRO, J. H. P. et al. 2001. *Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos*. Rio de Janeiro: IBAM.
- PATY DO ALFERES. *Lei Municipal Complementar nº 010*, 2006.
- PATY DO ALFERES. *Lei Municipal nº 010*, 2006.
- PATY DO ALFERES. *Lei Municipal nº 2.014*, 2013.
- PMPA. 2013. Relatório de Inspeção da SCP Barro Branco: *Controle Interno. Paty do Alferes: PMPA*.
- TCE-RJ. 2014. Tribunal de Contas do Estado do Rio de Janeiro. Estudos socioeconômicos dos municípios do estado do Rio de Janeiro 2014: Paty do Alferes. Rio de Janeiro: TCE-RJ. Available at: <www.tce.rj.gov.br>. Accessed on: July 6, 2015.
- TCE-RJ. 2013. Relatório de auditoria governamental: *Tema de maior significância resíduos sólidos*. Rio de Janeiro: TCE-RJ.
- UFV. 1999. Universidade Federal de Viçosa. *Unidade de Reciclagem e Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos do Município de Paty do Alferes - RJ. Viçosa: UFRV*.
- VALLENGE, ENGENHARIA. 2014. Plano Municipal de Saneamento Básico: Paty do Alferes. Paty do Alferes: Vallenge.



Intervenções urbanas em áreas portuárias desativadas, com bases sustentáveis: Projeto Parque Das Nações, Lisboa

Mariana Altoé Maciel

Federal University of Espírito Santo, Vitória (ES), Brazil
marianamaciel@outlook.com

Emanuella Sossai Altoé

Federal University of Espírito Santo, Planning and Project Laboratory, Vitória (ES), Brazil
manualtoe@hotmail.com

ABSTRACT: Atualmente as cidades são testemunhas de uma revolução urbana, acarretada por novas tecnologias e evolução – sociocultural e econômica – da população. Nesse sentido, dentre os desafios enfrentados por arquitetos e urbanistas, está a inserção da sustentabilidade nos projetos de intervenção dos espaços públicos, de modo a proporcionar subsídios para a melhoria da qualidade de vida da população. Diante do cenário apresentado e, considerando a discussão, em âmbito internacional, sobre as intervenções urbanas em áreas portuárias desativadas, entende-se como sendo importante a abordagem sobre processos metodológicos de intervenções urbanas na área citada, com o uso de diretrizes projetuais com bases sustentáveis. **Objetivo:** Analisar o processo metodológico e identificar os critérios e diretrizes utilizadas no Projeto Parque das Nações, em Lisboa. **Método:** O método adotado seguiu as seguintes etapas: 1. fundamentação conceitual sobre processos metodológicos, critérios e diretrizes projetuais com bases sustentáveis, aplicados em intervenções de áreas portuárias desativadas; 2. definição do objeto de estudo; 3. Estudo do objeto definido; e 4. Análise dos resultados. **Principal resultado:** A pesquisa possibilitou identificar e apresentar os critérios de sustentabilidade que foram utilizados no estudo de caso em questão, dentre eles, a reorganização urbana e a requalificação ambiental, juntamente com a naturalização da paisagem e a potenciação das vistas panorâmicas sobre o rio. As principais diretrizes utilizadas consistem em aumentar a qualidade do espaço urbano, através da recuperação e descontaminação do solo e rios, e a criação de um parque urbano com passeio marginal.

Keywords *Intervenção urbana; áreas portuárias; sustentabilidade.*

1. INTRODUÇÃO

Atualmente as cidades são testemunhas de uma transformação urbana, caracterizada por novas tecnologias, alterações climáticas e evolução - sociocultural e econômica - da população. Com isso, há o surgimento de diferentes necessidades, nos modos de agir e pensar da população, que devem ser vistas como alertas para a necessidade de novas políticas urbanas. Diante disso, governos, planejadores urbanos e investidores, buscam cada vez mais soluções urbanas a fim de garantir qualidade de vida para a população no presente, sem comprometer a qualidade de vida das futuras gerações (CASTANHEIRA, 2013).

Neste sentido, destacam-se as áreas portuárias desativadas nas cidades. Com qualidades paisagísticas, logísticas e imobiliárias, esses espaços vêm se tornando alvo de grandes intervenções urbanas com foco em espetáculos e eventos ocasionais (DEL RIO, 2001).

Segundo Giacommet (2008) tal fato é consequência do processo de globalização econômica mundial. Áreas portuárias que no passado apresentavam infraestruturas e instalações industriais, hoje, são revitalizadas devido às suas oportunidades de crescimento econômico para a cidade, atraindo investimentos privados e o interesse turístico (GIACOMET, 2008).

As áreas portuárias tiveram seus espaços esvaziados na medida em que a modernização da indústria tornou as antigas instalações incompatíveis com os novos sistemas de produção, de transporte e de armazenamento de cargas. Diante desse cenário, os portos que apresentavam implantações com dimensões limitadas, se viram obrigados a transferir suas atividades para novos locais, conseqüentemente, as construções existentes foram, gradativamente, submetidas ao abandono (DEL RIO, 2001).

Percebeu-se que as intervenções nessas áreas poderiam criar oportunidades de usos que, anteriormente, não existiam, assim, a atividade de revitalização destes espaços vêm ganhando destaque internacional desde a década de 1950, com os casos da cidade de Baltimore (EUA), de Londres (Inglaterra) e de Barcelona (Espanha) - (KRUSE, 2011).

No Brasil, as intervenções em áreas portuárias desativadas vêm sendo discutidas de modo mais intenso após os anos de 1980 (VARGAS; CASTILHO, 2009). Atualmente tal preocupação faz parte das políticas metropolitanas mais avançadas das cidades, tornando-a um dos principais temas do urbanismo contemporâneo (GIACOMET, 2008). Conforme Vargas e Castilho (2009) destacam:

“Recuperar o centro das metrópoles nos dias atuais significa, entre outros aspectos, melhorar a imagem da cidade que, ao perpetuar sua história, cria um espírito de comunidade e pertencimento. [...] Em suma, implementar ações em busca da atração de investimentos, de moradores, de usuários e de turistas que dinamizem a economia urbana e contribuam para a melhoria da qualidade de vida [...]” (VARGAS; CASTILHO, 2009, p. 05).

Tendo por base as atuais políticas de desenvolvimento urbano, verifica-se uma lacuna nos modelos de gestão das cidades. No contexto atual, é essencial que as políticas urbanas garantam o futuro das cidades, visando à correção e minimização dos impactos ambientais sem comprometer a qualidade de vida das futuras gerações. Assim, busca-se uma política

de desenvolvimento urbano que promova a evolução das cidades na ótica da sustentabilidade (CASTANHEIRA, 2013).

Neste sentido, as intervenções urbanas ganham cada vez mais destaque na qualificação e no desenvolvimento sustentável das cidades, sendo consideradas fundamentais para a consolidação do desenvolvimento urbano sustentável (CASTANHEIRA; BRAGANÇA; MATEUS, 2014).

Para Del Rio (2001) o próprio processo de intervenção nestas áreas já pode ser visto como uma grande diretriz sustentável, visto que a concentração de investimentos e esforços para ocupar os vazios da cidade, acarretam na “reutilização do patrimônio instalado, na requalificação de espaços e na intensificação e mistura dos usos” (DEL RIO, 2001, p. 01). Conforme o autor expõe:

“Neste contexto, o papel da reutilização das áreas portuárias centrais e de suas frentes marítimas é fundamental: num processo de revitalização, intervenções pontuais de qualidade e inseridas a um planejamento estratégico, tendem a gerar impactos positivos e crescentes sobre o seu entorno – o centro – e a cidade como um todo” (DEL RIO, 2001, p. 01).

Além dessa grande diretriz, ou seja, o próprio processo de intervenção, os projetos para revitalização das áreas portuárias abandonadas vêm adicionando em seu discurso argumentos sustentáveis. Para Castanheira, Bragança e Mateus (2014) a utilização de tais argumentos auxilia a promoção das cidades, ou seja, influenciam positivamente na ponderação dos investidores.

Experiências internacionais bem sucedidas, como por exemplo, os casos do Parque das Nações em Lisboa (Portugal) (Figura 1), La Confluence em Lyon (França) (Figura 2) e o Parque Olímpico Rainha Elizabeth em Londres (Inglaterra) (Figura 3), representam com objetivos e propostas diferenciados, a atualidade dos projetos de revitalização urbana europeus e as últimas tendências em estratégias urbanas, sendo considerados projetos de referências para revitalização urbana com bases sustentáveis (CASTANHEIRA; BRAGANÇA; MATEUS, 2014).



Figura 1. Parque das Nações, Lisboa. Fonte: PaqueExpo, 2016



Figura 2. La Confluence, Lyon. Fonte: <http://www.en.lyon-france.com/>, 2016



Figura 3. Parque Olímpico Rainha Elizabeth, Londres. Fonte: <http://www.audacia.org/v2/parque-olimpico-rainha-isabel/>, 2016

Embora o projeto para o Parque das Nações, seja o mais antigo, a sua revitalização consiste em um importante objeto de estudo não só porque aborda questões relevantes acerca do urbanismo sustentável, mas também, porque representa um dos melhores exemplos de intervenção urbana sustentável (CASTANHEIRA, 2013).

Diante do cenário apresentado e o contexto nacional ainda “iniciante”, considera-se o estudo de um caso internacional de extrema importância, visto que, possibilita contribuir com informações referenciais. Vale destacar, que não se pretende avaliar se o projeto Parque das Nações é efetivamente sustentável, mas sim identificar se as práticas sustentáveis utilizadas no Parque podem ser reconhecidas em um exemplo brasileiro, no caso, o Porto Maravilha, no Rio de Janeiro (Figura 4).



Figura 4. Porto Maravilha, Rio de Janeiro. Fonte: <http://www.portonovosa.com/pt-br/porto-maravilha>, 2016

O Porto Maravilha é um projeto sem precedentes na cidade do Rio de Janeiro, tanto pelo seu escopo quanto pela sua escala (FERRARINI; ABIKO; SANTOVITO, 2014). Tal magnitude faz do projeto um “laboratório de inovações” para o contexto brasileiro, em termos de planejamento, produção e gestão do espaço urbano (MONIE; SILVA, 2015).

2. OBJETIVO

Este artigo tem como objetivo identificar os critérios e diretrizes sustentáveis utilizadas no Projeto Parque das Nações, em Lisboa, e, se possível, reconhecer quais delas foram utilizadas no projeto Porto maravilha, no Rio de Janeiro.

3. METODOLOGIA

A pesquisa estrutura-se em: 1) abordar brevemente processos metodológicos, critérios e diretrizes projetuais com bases sustentáveis; 2) definir os objetos de estudo; 3) analisar bibliografias que abordam as ações realizadas no Projeto Parque das Nações e no Porto Maravilha, buscando identificar critérios e diretrizes utilizados em ambas as intervenções; e 4) Analisar os resultados.

Os dados dos projetos advêm de fontes bibliográficas diversas, como artigos científicos, teses, dissertações e informações disponibilizadas na internet pelas instituições responsáveis pelo parque.

3.1 Projeto Parque das Nações, Lisboa

O Parque das Nações é um projeto que surgiu com a intenção de organizar a última Exposição Mundial do século XX, a EXPO'98. A "sustentabilidade" foi uma palavra-chave em todo o processo. O próprio evento, Expo'98, teve como objetivo dedicar-se às soluções para os problemas causados pela exploração sistemática dos recursos oceânicos, com preservação e controle de danos (FIGUEIRA, 2010, p. 155).

A concepção, desenvolvimento e construção do Parque ficaram a cargo da empresa Parque Expo'98 S.A., empresa semi-pública, cujas atividades não se limitaram a preparação do evento de curto prazo, mas também, a reestruturação urbana em longo prazo de parte da cidade de Lisboa (SERDOURA, 2006). Conforme Figueira (2010, p. 153) ressalta: "O pressuposto de todo o empreendimento é que, fechada a Exposição, o recinto pudesse ser transformado em cidade corrente".

O projeto consistiu na requalificação urbanística e ambiental de uma área urbana degradada, além de contribuir para o crescimento econômico e para a concretização de novos pontos turísticos para a cidade, dotando-a de novas infraestruturas culturais, comerciais, ferroviárias e de um novo parque habitacional (SILVA; BENATTI, 2015).

O projeto foi desenvolvido em duas fases: 1ª fase correspondeu ao planejamento e realização da Exposição, executaram-se as desapropriações e demolições, descontaminação do solo, concepção do espaço público e do edificado. A 2ª fase correspondeu ao pós Exposição Mundial, marcada pela demolição das estruturas modulares da exposição, conclusão dos trabalhos de urbanização e de espaços públicos, concepção e desenvolvimento do projeto de gestão urbana, conclusão da comercialização de terrenos, consolidação das infraestruturas e da área de serviços e comércio, e toda área de lazer junto ao rio (PARQUEEXPO, 2016).

Nas palavras do coordenador do plano de urbanização, o arquiteto Luís Vassalo Rosa, o objetivo fundamental do projeto estava em valorizar a relação da cidade com o rio, recuperar o ambiente e a paisagem, reconverter o uso, assegurar a integração deste espaço com uma identidade própria no tecido da cidade (SERDOURA, 2006).

3.2 Projeto Porto Maravilha, Rio de Janeiro

Diferente do Parque das Nações, o Porto Maravilha não é consequência direta de um evento, mas sim de uma política pautada no empreendedorismo urbano (NASCIMENTO; SILVA, 2015). O projeto pretende transformar a área com habitações desvalorizadas e edifícios industriais abandonados em torres residenciais e de escritórios de alto-padrão. Transformando-a em uma área de uso misto com moradias, trabalho e entretenimento (FERRARINI; ABIKO; SANTOVITO, 2014).

O desenvolvimento e construção do projeto ficaram a cargo da Concessionária Porto Novo, empresa de sociedade mista formada por três empreiteiras junto com a Prefeitura do Rio de Janeiro. O projeto tem como finalidade “promover a reestruturação local, por meio da ampliação, articulação e requalificação dos espaços públicos da região, visando à melhoria da qualidade de vida de seus atuais e futuros moradores e à sustentabilidade ambiental e socioeconômica da área” (PORTOMARAVILHA, 2016).

O projeto Porto Maravilha também foi dividido em duas fases. A primeira fase, iniciada em 2009 e ainda em finalização, foram executadas as etapas de demolição da perimetral; melhorias na pavimentação; calçamento drenagens; arborização; construção do Museu do Amanhã e do Museu Arte do Rio de Janeiro; construção da Pinacoteca Escola do Olhar; desaterro do Cais da Imperatriz e reestruturação dos Jardins Suspensos do Valongo. Na segunda fase do empreendimento, iniciada em julho de 2012 e com previsão de término em 2016, estão sendo executadas as etapas de implantação de novas vias; construção de mergulhões; pavimentação; drenagem; sinalização; iluminação; arborização de calçadas e canteiros; recuperação do sistema de águas e esgoto e construção de ciclovias (FERRARINI; ABIKO; SANTOVITO, 2014).

4. RESULTADOS

A avaliação apresentada por Castanheira (2013), mediante aplicação de uma ferramenta de avaliação com indicadores de sustentabilidade, verificou que algumas das estratégias definidas para o projeto Parque das Nações estão fundamentadas no conceito de sustentabilidade urbana. Com tais resultados, este artigo destaca aquelas diretrizes utilizadas pelo projeto de Lisboa, e, que também foram reconhecidas no projeto Porto Maravilha. Ou seja, as diretrizes foram selecionadas tendo por base as mesmas informações disponíveis nos dois projetos.

Vale destacar que a execução da intervenção no Porto Maravilha, Rio de Janeiro, se encontra em andamento, então, foram consideradas diretrizes de sustentabilidade encontradas em artigos de análise do projeto e na Lei nº 101/2009 (Plano Diretor do Porto Maravilha).

Dos 41 indicadores propostos pela avaliação de Castanheira (2013), observou-se que 29 foram identificados no Parque das Nações, e 09 deles foram identificados no projeto do Porto Maravilha, sendo relacionados à dimensão ambiental (4), dimensão social (4) e dimensão econômica (1), conforme a Tabela 1.

Dimensões	Indicadores de sustentabilidade	Parque das Nações	Porto Maravilha	
Ambiental	Planejamento solar	x		
	Potencial de ventilação	x		
	Rede urbana	x	x	
	Aptidões naturais do solo	x		
	Densidade e flexibilidade de usos	x		
	Reutilização de solo urbano	x	x	
	Reabilitação do ambiente construído	x	x	
	Distribuição de espaços verdes	x		
	Conectividade dos espaços verdes	x		
	Uso de vegetação autóctone	x		
	Monitorização ambiental	x		
	Eficiência energética	x		
	Energias renováveis	x		
	Consumo de água potável	x		
	Gestão de efluentes	x	x	
	Resíduos da construção	x		
	Gestão de resíduos sólidos urbanos	x		
	Social	Conforto térmico exterior	x	
		Segurança nas ruas	x	x
Proximidade dos serviços		x		
Equipamentos de lazer		x		
Transporte público		x		
Acessibilidade pedestre		x		
Rede de ciclovias		x	x	
Espaços urbanos públicos		x		
Valorização do património		x	x	
Integração e inclusão social		x	x	
Económica	Economia local	x		
	Empregabilidade	x	x	

Tabela 1. Tabela em comparação dos indicadores utilizados no Parque das Nações, Lisboa, e no Porto Maravilha, Rio de Janeiro. Fonte: Autores, 2016

Cabe ressaltar que, apesar de todos os 29 serem considerados importantes para aplicações em projetos futuros, somente os 09 indicadores de sustentabilidade identificados nos dois projetos serão caracterizados a seguir. As características dos indicadores apresentadas foram retiradas da proposta de avaliação apresentada por Castanheira (2013).

Rede Urbana: trata-se da conectividade entre vias, caminhos de pedestres e ciclovias, possibilitando fácil acesso a praticamente todas as áreas da intervenção, e fácil conexão aos transportes públicos.

Reutilização do solo urbano: trata-se da avaliação da porcentagem de áreas previamente construídas que foram reutilizadas e que receberam tratamento de descontaminação.

Reabilitação do ambiente construído: trata-se da reabilitação e a reconstrução com o objetivo de conservar o património edificado.

Gestão de efluentes: trata-se da preocupação com o tratamento de resíduos e de águas pluviais, permitindo sua reutilização, por exemplo, para irrigação.

Segurança nas ruas: trata-se de ações para garantir a segurança dos pedestres, como fachadas ativas que permitem a vigilância natural, calçadas atraentes que incentivam o deslocamento a pé ou de bicicleta, e até mesmo o uso de estratégias para reduzir a velocidade dos automóveis. Ou seja, fazer uso do desenho urbano a favor da segurança.

Rede de ciclovias: trata-se de ações para promover o uso da bicicleta como uma opção de transporte para deslocamentos entre zonas residenciais, educacionais, comerciais e industriais.

Valorização do patrimônio: trata-se da valorização do território com potencial de uso para novas atividades, sendo valorizado o ambiente natural e as paisagens.

Integração e inclusão social: trata-se de ações para promover habitação acessível a vários tipos de pessoas (idade, classe social, religião, etnia, etc.), além de promover a participação da população desde as fases preliminares de projeto.

Empregabilidade: trata-se de ações para promover o crescimento do emprego local, também durante as fases de construção e operação, e a formação profissional dos residentes.

Como dito, dos 41 indicadores de sustentabilidade propostos pela ferramenta de avaliação utilizada por Castanheira (2013) 29 foram identificados no caso em estudo, apresentado 12 indicadores não identificados no projeto Parque das Nações em Lisboa. Mesmo que não identificados, tais indicadores também devem ser considerados em revitalizações urbanas com bases sustentáveis em áreas portuárias desativadas. Na Tabela 2 são apresentados os 12 indicadores não identificados.

Dimensões	Indicadores de sustentabilidade
Ambiental	Rede de infraestruturas técnicas
	Gestão centralizada de energia
	Gestão centralizada da água
Social	Materiais sustentáveis
	Qualidade do ar
	Poluição acústica
	Poluição luminosa
	Riscos naturais e tecnológicos
Econômica	Produção Local de Alimentos
Econômica	Viabilidade econômica
Extra	Edifícios Sustentáveis
	Tecnologias de Informação e Comunicação

Tabela 2. Tabela com os indicadores não identificados no Parque das Nações, Lisboa.

Fonte: Autores, 2016

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Revitalização urbana de áreas portuárias desativadas foi o tema abordado ao longo de todo o artigo. Foi apresentada uma breve análise histórica do seu surgimento em que se

pôde constatar o atual interesse pelas revitalizações com bases sustentáveis como componente para garantir a qualidade no ambiente construído das cidades.

O projeto Parque das Nações foi um caso de estudo indispensável para exemplificação do tema. Para Figueira (2010) é um fato que a Expo'98 criou uma nova área de uso cultural, habitacional e lazer dentro da cidade de Lisboa. Para o autor do ponto de vista urbano, a intervenção garantiu uma nova relação de lazer e reconhecimento com o rio Tejo; e uma atenção espacial às questões do espaço público. Assim, acredita-se que o projeto do Parque das Nações cumpriu seu papel de promover a cidade de Lisboa, visto que há uma efetiva procura por turistas, e o projeto recebe críticas e elogios em publicações acadêmicas até os dias atuais. Além de ser considerado projeto de referência para outras cidades, que buscam o mesmo objetivo de desenvolvimento sustentável.

Já o projeto Porto Maravilha, como já citado, segue em fase de execução, não sendo possível avaliar o sucesso, ou não, da intervenção. Para Nascimento e Silva (2015), tal projeto pode ser visto como uma grande oportunidade de utilizar a zona portuária desativada do Rio de Janeiro para solucionar problemas da cidade como a “deficiência habitacional no município e possibilidade de criar canais para participação social”.

Com a comparação dos dois casos de intervenção em áreas portuárias desativadas, e apresentação dos indicadores espera-se que o resultado deste artigo contribua para uma promoção e continuação do discurso sobre a temática da cidade sustentável e das suas principais políticas de projeto e gestão.

REFERÊNCIAS

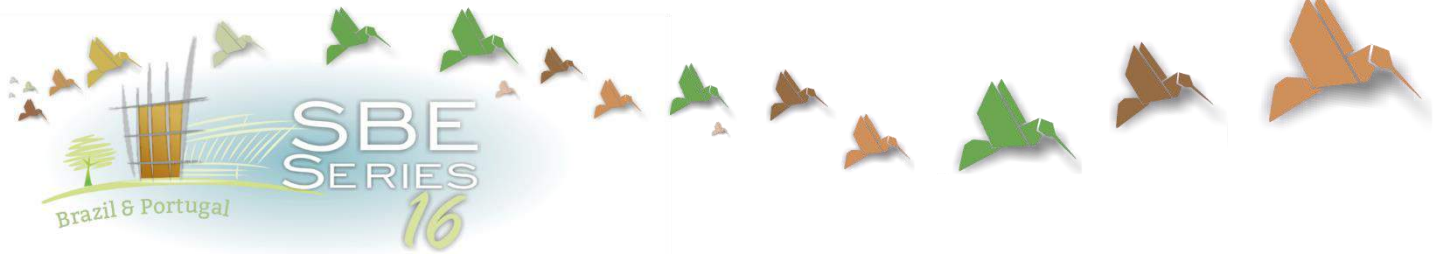
- Castanheira, G. S. 2013. *Estratégias de intervenção para a regeneração urbana sustentável*. 193 f. Dissertação (Mestrado em Construção e Reabilitação Sustentáveis) – Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Braga.
- Castanheira, G. S.; Bragança, L. & Mateus, R. 2014. Definindo melhores práticas em projetos de Regeneração Urbana Sustentável. *Ambiente Construído* 14(3): 7-25.
- Del Rio, V. 2001. Voltando às origens. A revitalização de áreas portuárias nos centros urbanos. *Arquitextos* 15(6): 1-13.
- Ferrari, F. C. P.; Abiko, A. K. & Santovito, R. 2014. Políticas Públicas Sustentáveis Aplicadas no Porto Maravilha. In *14ª Conferência Internacional da LARES, Rio de Janeiro, 18-20 setembro 2014*. Rio de Janeiro: Rio de Janeiro.
- Figueira, J. 2010. A Expo 98 de Lisboa: Projeto e Legado. *Arqtexto* 16: 152-163.
- Giacomet, L. 2008. *Revitalização portuária: Caso Puerto Madero*. 191 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Kruse, F. 2011. *Intervenções em centros urbanos: o caso da antiga área portuária de Porto Alegre*. 168 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Monié, F. & Silva, V. S. Da. 2015. O projeto Porto Maravilha de revitalização da área portuária do Rio de Janeiro entre inovações e retrocessos na produção do espaço urbano. *Transporte y Territorio* 12: 110-126.
- Nascimento, B. P. & Silva, W. R. 2015. Zona portuária do Rio de Janeiro e suas novas territorialidades. *Geo UERJ* 26: 191-210.
- ParqueExpoS.A., 2016. Disponível em: <<http://www.parqueexpo.pt/>>. Acesso em: 10 maio 2016.
- PortoMaravilha, 2016. Disponível em: <<http://www.portomaravilha.com.br/>>. Acesso em: 02 junho 2016.
- Rio de Janeiro (Município). *Lei nº 101, de 23 de novembro de 2009*. Modifica o Plano Diretor, autoriza o Poder Executivo a instituir a Operação Urbana Consorciada da Região do Porto do Rio e dá outras providências. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <http://portomaravilha.com.br/conteudo/legislacao/leis-complementares/LC101_-

_23112009.pdf>. Acesso em: 02 junho 2016.

Serdoura, F. 2006. *Espaço público, vida pública. O caso do Parque das Nações*. 382 f. Tese (Doutorado em Planejamento Regional e Urbano) - Universidade técnica de Lisboa, Lisboa.

Silva, R. H. T. & Benatti, C. 2015. Fragmentação urbana e turismo no Parque das Nações-Lisboa. *Cultur* 9(2): 118-134.

Vargas, H. C. & Castilho, A. L. H. 2009. Intervenções em centros urbanos: objetivos, estratégias e resultados. In H.C. Vargas & A.L.H. Castilho (org), *Intervenções em centros urbanos: objetivos, estratégias e resultados*: 1-51. Barueri, São Paulo.



Análise da aplicação das Políticas Públicas Urbanas Brasileiras como instrumentos para o planejamento sustentável das cidades

Giovana Ulian

Biosplena Projetos Ecodinâmicos, Flores da Cunha (RS), Brasil.

giovana.ulian@terra.com.br

Miguel Pino Quilodrán

Biosplena Projetos Ecodinâmicos, Flores da Cunha (RS), Brasil.

miguelponi@gmail.com

Fábio Scopel Vanin

Faculdade da Serra Gaúcha, Caxias do Sul (RS) Brasil.

fabiovanin@terra.com.br

Mirian Lacerda Brito

Universidade Federal do Espírito Santo, Vitoria (ES) Brasil.

mirianlacerda44@hotmail.com

RESUMO: Em 2006, as cidades brasileiras com mais de 20 mil habitantes foram obrigadas pela Lei 10.257 de 2001 a construir seus planos diretores. Passados 15 anos desde a sua publicação, a mesma lei, também obriga a fazer a revisão e adequação dos instrumentos da política urbana, frente à expansão da cidade nos últimos anos. O presente artigo tem por objetivo explicar sobre a aplicação dos instrumentos das políticas públicas brasileiras e sua efetivação, nestes anos de vigência da maior lei de ordenamento das cidades. Buscou-se avaliar as implicações das políticas públicas no planejamento das cidades, de forma a produzir espaços urbanos mais qualificados, com equidade social e preservação de áreas ambientalmente sensíveis, bem como a implementação de infraestrutura adequada para efetivar tais necessidades. Como resultados, apresentou-se uma análise das efetivas mudanças que ocorreram nas cidades, identificando se as mesmas possibilitaram avançar na transformação para comunidades urbanas mais eficientes e equilibradas, destacando as principais dificuldades na sua implementação.

Palavras chaves Políticas públicas – Instrumentos de planejamento urbano – Sustentabilidade – infraestrutura – Planejamento Territorial

1. INTRODUÇÃO

1.1 Antecedentes prévios ao Estatuto da Cidade

A incorporação do Estatuto da Cidade - Lei Federal nº 10.257 de 2011 - tem trazido desde seu processo de formulação frequentes debates na Reforma Urbana no Brasil. A discussão radica principalmente entre atores opostos: movimentos sociais que exigiram a construção de um Estado Democrático de Direitos onde predomina o acesso à terra e sua função social com exigências focadas na luta pelo direito à cidade e à moradia, e um projeto neoliberal de política urbana globalizada excludente e espoliativa; provocando processos de forma ambígua e contraditória. A necessidade de reforma iniciou-se pelo efeito das migrações, partindo de zonas rurais e de pequenas cidades a grandes metrópoles brasileiras na busca por qualidade de vida. Este modelo urbanístico de crescimento das grandes cidades, estruturado de acordo com a “lógica da desordem” (Kowarick, 1980), teve como consequência autoconstrução da moradia dos trabalhadores localizados em áreas de “não cidade”. A influência deste sistema urbano formal focado estritamente na “formação de um mercado imobiliário restrito e especulativo, composto de um aparato regulatório radical tornou real e irreversível a “cidade ilegal””. (Arantes; Vainer; Maricato, 2000). Em contraste, dialogava com uma política habitacional baseada no uso do fundo público dos trabalhadores - FTGS¹, tendo como subsidiária a classe média produzindo conjuntos habitacionais para os setores de menor renda, afastando-os cada vez mais da “cidade legal”.

No final da década dos 70, o modelo econômico de industrialização no Brasil entra em colapso, seguido pela globalização dos mercados, levando a crise fiscal dos estados e gerando a diminuição da abrangência e intenção de políticas de distribuição de recursos públicos; acelerando a necessidade de uma reforma urbana, incluindo desde moradores de assentamentos informais até a classe média urbana profissional, os quais também passaram a apoiar e integrar essa coalizão (Keck, 1992). Em simultâneo, geram-se administrações municipais focadas em modelos de redistribuição e ampliação dos direitos dos cidadãos, aplicando ferramentas de gestão local frente à deficiência de políticas em nível federal.

1.2 A Reforma Urbana: impulsionadora do Estatuto da Cidade

As novas necessidades democráticas na agenda impulsionaram três grandes eixos: o reconhecimento dos direitos dos detentores, a ação contra a especulação imobiliária e a democratização do processo decisório sobre as políticas urbanas (Trevas; Magalhães; Barreto, 1999). Em paralelo, aparece a inclusão do empreendedorismo urbano como resposta neoliberal à crise do estado provedor, concorrendo com alguns temas críticos surgidos na plataforma de Reforma Urbana (Vainer, 2000) como: descentralizar e fortalecer os governos locais, a titulação e registro de propriedade de áreas ocupadas irregularmente, criticar o planejamento urbano modernista e a defesa de participação da sociedade civil. Nestas matérias destacam-se três temas dentro dos quais teve confluência entre olhares opostos (Rolnik, 2013): a regularização das favelas, a participação popular e a renovação das práticas e instrumentos do planejamento urbano.

¹ FTGS: Fundo de Garantia do Tempo de Serviço,

2. APLICAÇÃO DO ESTATUTO DA CIDADE NO PLANEJAMENTO URBANO BRASILEIRO

2.1 A participação popular na gestão das cidades

No ideário do Estatuto da Cidade, a participação popular direta era considerada como condição para promover um “novo padrão de intervenção nas cidades” (Santos, 2011), referida na experiência da eleição de governos democráticos locais e de acordo com a criação de espaços de participação social como o orçamento participativo aplicado em cidades como Porto Alegre. Este formato consolidou uma identidade de cidadania ativa (Goldfrank; Schrank, 2009), por meio de estratégias de inclusão que relacionassem processos participativos e efeitos redistributivos. Porém, não se deu de maneira hegemônica no Brasil nem conseguiu mudar processos de gestão da política urbana tradicional. Por outra parte, a continuidade do processo de reforma do estado originou processos participativos sem conteúdo aprofundado nos processos decisórios. Percebeu-se, entretanto, que mesmo com as ampliações de participação popular que teve como premissa conciliar a democracia representativa com a democracia direta, esta ainda não se efetivou, sendo frágil e incompleta, tendo em vista que apesar de centenas de municípios experimentarem os processos inovadores de participação, a difusão de mecanismos de participação, na maioria das vezes, ficou restrita à instituição de conselhos de políticas públicas e à realização de conferências setoriais. (Santos, 2011). O intuito da participação para compartilhar a tomada de decisão foi bom, mas perdeu-se a medida que se tornou uma estratégia para a política.

Em resumo, os gestores públicos municipais enfrentam tantas dificuldades com a implementação do planejamento devido à falta de estrutura especialmente humana fazendo com que a participação popular se torne mais um problema a ser enfrentado, dentre tantos, e não consegue ser um instrumento para a tomada de decisão. Agravando essa situação é fundamental colocar que a população muitas vezes não sabe responder perguntas básicas sobre as necessidades coletivas, movimentando-se apenas para pleitear necessidades específicas, como é o caso dos movimentos sociais de moradia. A participação popular será mais efetiva depois que o cidadão souber qual cidade ele necessita e que ele possa perceber o quanto tudo é complexo, assim como o corpo humano, onde cada sistema precisa funcionar bem em detrimento ao todo.

2.2 A regulação do solo urbano

Na regulação do solo urbano põe-se o foco na implementação de estratégias e instrumentos de ação contra a retenção especulativa de terrenos, através especialmente da elaboração dos planos diretores por parte dos municípios, integrando conforme artigo 4º do Estatuto da Cidade um conjunto de ferramentas visando organizar políticas de desenvolvimento urbano local planejado focado nas premissas da função social da propriedade e do direito à cidade (Rolnik, 2013). De acordo com o Estatuto da Cidade, obrigam-se os municípios com mais de 20.000 habitantes ou integrantes de regiões metropolitanas na elaboração e aprovação destes planos. Uma ferramenta de importância estabelecida no Estatuto, escassamente aplicada na gestão de cidades de médio e pequeno porte, é a utilização das “Operações Urbanas Consorciadas”, referidas a gerar o desenvolvimento de uma área prioritária para um município mediante a promoção de parcerias público – privadas, os quais teriam por objetivo executar projetos usando

capitais e investimentos privados. Estas iniciativas permitiriam exceções pontuais na legislação urbana estabelecidas previamente nessas áreas, com caráter redistributivo. Esta exceção poderia financiar o alto custo que normalmente a regularização fundiária tem e resolver situações de forma muito mais eficiente que se o próprio órgão público a fizesse. Porém, sua aplicação inadequada pode gerar benefícios somente à uma parte dos envolvidos. O objetivo pretendido deve ser priorizar melhorias sociais e ambientais, gerar recursos para o poder público utilizando diretrizes redistributivas, acesso democratizado aos serviços e equipamentos mediante transformação urbana (Sales, 2011), acompanhada de políticas fundiárias para gerir investimentos de desenvolvimento urbano que estimulem a recuperação e inclusão equitativa de uma parte da cidade. Tal instrumento foi aplicado apenas nas grandes cidades, salvo alguma exceção, especialmente pela dificuldade técnica dos municípios para fazer a conjuntura de tais necessidades com a iniciativa privada.

Ressalta-se que a regularização fundiária deve ter ação focada, sem adoção de modelos. Cada comunidade tem sua história e suas peculiaridades por isso deve ter estratégias específica de ação. Além disso evitar novos focos e o crescimento das existentes, tentando projetar para o futuro distante a solução definitiva deste problema. A informalidade fundiária gera muitos problemas, entre eles, o mais grave, ela tira a identidade das pessoas.

2.3 A implementação dos planos diretores

A elaboração de planos diretores revelou o descolamento da agenda da reforma urbana em relação às realidades sociais, políticas e territoriais. Temas como o planejamento da expansão urbana (Santoro, 2012) o uso do solo nas áreas rurais, a gestão metropolitana, desafiaram os instrumentos do Estatuto para pensar além do modelo do crescimento espoliativo e especulativo e da ocupação dos vazios urbanos como habitação popular (Rolnik, 2013). No impacto nas cidades, a integração dos trabalhadores no mercado de consumo e a inserção da acumulação urbana nos circuitos financeiros globalizados marcam a composição de um cenário novo, que priorizou o uso de recursos públicos promovendo grandes projetos de infraestrutura, sem fortalecer espaços de ordenamento territorial nem a gestão do território federativo e desprezando os potenciais e fragilidades locais.

Os instrumentos previstos no Estatuto das Cidades para promover o ordenamento territorial são muitas vezes modelados dentro de empresas de assessoria e multiplicados como se as cidades fossem muito parecidas. A falta de um corpo técnico multidisciplinar impede que inovações quanto ao sistema de planejamento efetivamente aconteça. Essas dificuldades somadas a pressão imobiliária para implantação de empreendimentos promovem o caos administrativo.

De alguma forma a sociedade civil deve organizar-se para apoiar a esfera pública na implementação dos instrumentos de forma adequada a realidade local, sempre buscando parcerias públicos privadas e promover o desenvolvimento de maneira que todos ganhem. Com isso será possível perceber que instrumentos como o zoneamento previsto no Estatuto das Cidades, já não se aplicam em algumas cidades.

3. ASPECTOS CRÍTICOS EVIDENCIADOS NAS POLÍTICAS PÚBLICAS URBANAS

3.1 Aplicação do instrumento Plano Diretor em cidades brasileiras

Tomando como referência algumas revisões de planos diretores, percebem-se algumas características fundamentais na aplicação do Estatuto da cidade: relacionado com a manutenção da função social da cidade, atribuindo ao Poder Público a responsabilidade de regular as ações dos agentes privados e consumidores do espaço urbano, assegurando a qualidade das iniciativas e a alocação de investimentos nas áreas habitacionais de baixa renda, por meio da criação de fundos específicos a serem utilizados na urbanização das ZEIS² (Rodrigues, 2008). O foco foi reduzir custos de urbanização e produção de serviços públicos e privados, ocupando vazios urbanos e aumentando a densidade de ocupação nas áreas consolidadas. Buscou-se direcionar a expansão da cidade para áreas com infraestrutura já instalada, promovendo o uso de instrumentos tributários tais como: imposto territorial urbano progressivo no tempo, a outorga onerosa do direito de construir e fundos de desenvolvimento urbano, para uma distribuição mais justa dos ônus decorrentes das obras e serviços públicos implantados, porém a maioria não conseguiu ser implementada. Neste sentido os impactos reais no espaço urbano (Rodrigues, 2008) foram: aumento considerável da densidade nas áreas com melhor qualidade de infraestrutura; saturação do sistema de circulação viária, reduzindo a mobilidade da malha urbana; aumento das pressões demográficas sobre a área central, pela maior oferta de serviços urbanos existentes; expansão e adensamento dos assentamentos irregulares pela falta de oferta de habitação popular e agravamento das condições ambientais na área central. Com a incorporação do estatuto da cidade foi possível avaliar a adequabilidade dos instrumentos e a utilização de metodologias específicas de participação popular. Um exemplo disto são os planos de macrodrenagem de bacias urbanas, que só consideram as intervenções de saneamento e viárias sem uma proposta urbanística, carecendo de estudos específicos que avaliem impactos na valorização imobiliária, a mobilidade das camadas populacionais e as condições de acessibilidade, assim como a falta de planos de desenvolvimento local para preservar características sociais e potencialidades econômicas das áreas.

Outra questão referente a efetividade de resultados passados 15 anos da promulgação da lei, é que poucos municípios possuem sistemas de medição dos resultados. Conjuntos de indicadores que permitam avaliar o quanto a cidade está efetivamente melhorando a partir dessas ações. Esse acompanhamento seria fundamental, mas dependeria de um banco de dados constantemente atualizado, o que seria mais uma incumbência para os gestores públicos que relacionam-se com os dados de uma forma muito setorial, não integrada.

3.2 A constituição da função social da cidade

Na geração de diretrizes que componham a função social da cidade, é necessária a consideração no planejamento da escala local acompanhado de uma metodologia específica que avalie a capacidade de suporte da infraestrutura. Para a descentralização das atividades comerciais e serviços requer a proposição de novos núcleos ou policentros

² ZEIS: Zonas Especiais de Interesse Social

a serem consolidados e organizados mediante a melhoria das condições de acessibilidade, ordenamento do transporte coletivo e criação de novas interligações viárias com os principais setores da cidade; sendo de importância a definição de uma política socioeconômica que indique as diretrizes e os incentivos fiscais necessários consolidar os subcentros já existentes e a definição de novos polos setoriais ou locais. Para isso, a estratégia de controle do crescimento urbano tem que reconhecer o processo de expansão natural, reforçando a importância do centro tradicional e sua extensão ao longo dos principais corredores de circulação com princípios como: verticalização intensa em áreas onde a capacidade da infraestrutura o permitisse; verticalização de média intensidade em áreas com menor capacidade de infraestrutura e áreas não verticalizáveis, prevenindo a formação de UAM³. Em alguns casos, o aumento dos índices de aproveitamento nos principais corredores de circulação incentivou a instalação de empreendimentos habitacionais de alta densidade, ocasionando conflitos de mobilidade e outras consequências que prejudicam a qualidade ambiental do espaço urbano. Quanto ao uso industrial, o reforço da consolidação dos núcleos já implantados, desestimulando as atividades industriais localizadas em áreas patrimoniais da cidade, podendo transferir essas atividades para locais mais adequados por meio de operações urbanas, o qual não chegou a ser usado. Também foram elaborados alguns Planos de Desenvolvimento Local Sustentável – PDLS, considerando as potencialidades locais como ponto de partida para o planejamento territorial, considerando apenas o ordenamento espacial das atividades integrando fatores espaciais, sociais, econômicos e ambientais, precisando avaliar as ações no processo de execução dos planos mediante uso de técnicas prospectivas. Os efeitos se refletiram em áreas que a população usa como lazer, carente de espaços livres e de balneários urbanos, gerando processos de ocupação irregular e degradação ambiental comprometendo as características sociais, econômicas e espaciais desenvolvidas historicamente nesses locais, consequência da falta de políticas públicas que beneficiem efetivamente a população residente.

3.3 A abrangência metropolitana nas políticas de planejamento urbano

As fragilidades da gestão compartilhada frente às divergências políticas em municípios que fazem parte de uma região metropolitana, sempre foram um desafio para os entes federativos. O Estatuto da Metrópole - Lei Federal nº 13.089 de 2015 inovou ao trazer normas gerais sobre o plano de desenvolvimento urbano integrado e outros instrumentos de governança interfederativa, incluindo critérios para o apoio da União para as ações que envolvam mecanismos de desenvolvimento urbano. Embora tenha feito referência aos arranjos metropolitanos, não trouxe ferramentas suficientes para o tratamento do desenvolvimento urbano-regional. A norma vem no sentido de suprir essa omissão, prevenindo mecanismos de gestão compartilhada, que passam por planos de desenvolvimento urbano integrado - PNDI, consórcios públicos, convênios de cooperação, parceria público - privada e a possibilidade de compensação por serviços ambientais. Percebe-se que as interfaces da questão metropolitana com os planos diretores abarcam uma gama de temas que emergem com grande frequência nos territórios, onde a política de produção e organização do espaço urbano é realizada segundo níveis de planejamento: território municipal conjunto, regiões administrativas, bairros, operações urbanas,

³ UAM: Unidade Ambiental de Moradia ou espaço predominantemente ou exclusivamente habitacional, organizado de forma a evitar em seu interior o tráfego urbano de passagem (Art.146, PDU Belém).

programas e projetos específicos. Na questão ambiental, são comuns os enfoques pertinentes à gestão de bacias hidrográficas e criação de unidades de conservação; onde o Poder Público tem que exercer o controle urbanístico do território em seu rol de agente gestor da cidade de modo transversal, dialogando de maneira estreita com entes privados, procurando especializar a equipe administrativa municipal. Cabe destacar a nova dimensão que o Estatuto da Cidade atribuiu ao espaço urbano, por meio do conceito de “Cidades sustentáveis”, referida a necessidade de integração e articulação entre as áreas urbanas e rurais com o intuito de fazer um macrozoneamento mais criterioso, buscando a delimitação de áreas de preservação ambiental.

4. RECOMENDAÇÕES PARA MELHORAR A APLICAÇÃO DOS INSTRUMENTOS DE PLANEJAMENTO.

4.1 A gestão do solo e as iniciativas de gestão pública - privada

Um exemplo eficiente de gerenciamento dos recursos públicos para iniciativas de ordenamento territorial estabelecendo parcerias público privada é o realizado em Medellín, na Colômbia, através da criação da denominada Empresa de Desenvolvimento Urbano de Medellín - EDU, a qual executa a gestão social e ambiental em todas as etapas de transformação urbanística, permitindo desenvolver um modelo transversal em cada projeto, com a participação das comunidades por médio de uma aplicação metodológica e de formação de lideranças no território. Esta competência corporativa gerada pelas equipes de trabalho, fortalecidas mediante a experiência no terreno e a capacidade de estabelecer sinergias com o setor privado para alcançar transformações no território, facilita às administrações municipais a execução orçamentária, experiência na aplicação e formulação de instrumentos na gestão do solo. Questões como a integração, mobilidade, governança, redução da pobreza e da violência estão sendo focadas a partir do conceito de Projeto Urbano Integral – PUI, utilizando ferramentas do desenvolvimento social, físico e a coordenação interinstitucional para transformar setores da cidade com maiores necessidades.

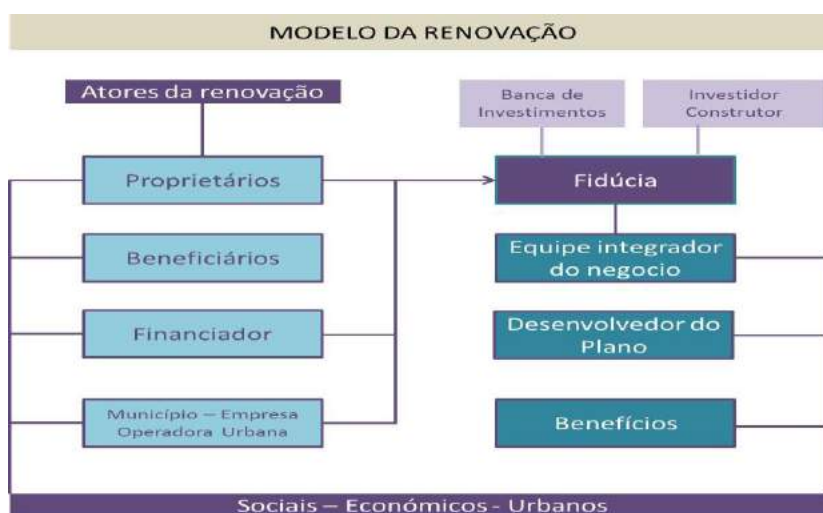


Figura 1. Diagrama para o modelo de gestão da renovação urbana. Fonte: Equidad Territorial em Medellín, 2014. Adaptação da metodologia feita pela EDU, Medellín-Colômbia.

O desenvolvimento do Plano de Ordenamento Territorial – POT, e o Plano Diretor das áreas verdes; permitiu progressos na recuperação de bacias hidrográficas, áreas em risco ambiental, gestão do espaço público, habitação social e políticas mais eficientes de ocupação do solo. A cidade encaminhou-se num ambicioso plano de reforma baseado na reconstrução urbana, considerando iniciativas de incorporação de redes de inclusão social, recuperação do espaço público, melhoramento integral dos bairros periféricos, renovação urbana em zonas centrais e a ampliação do sistema público de transporte, baseado na transparência e no empoderamento comunitário; desenvolvendo em 2004 um plano integrado mediante a institucionalização do planejamento local e o orçamento participativo, sendo premiada em 2013 como a cidade mais inovadora do mundo pelo *Urban Land Institute*⁴.

Uma novidade do seu modelo de gestão se desenvolve a partir da estratégia do “Urbanismo Cívico-pedagógico”, como explica a figura 2, acompanhando a transformação física da cidade com ferramentas educativas e pedagógicas de consulta, dialogo, avaliação e retroalimentação de experiências, participando conjuntamente a comunidade, empresas e administração pública; propiciando condições de sustentabilidade e corresponsabilidade dos bens e processo públicos, apoiando-se na aprendizagem e inovação para alcançar maiores graus de efetividade.

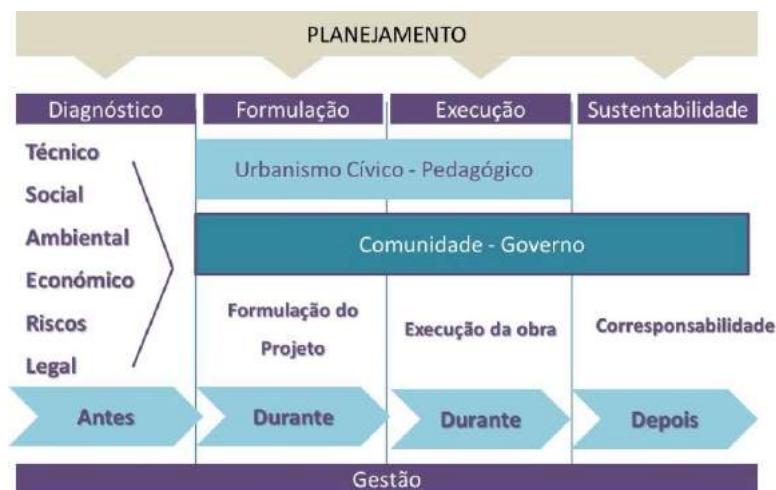


Figura 2. Diagrama para o modelo de Planejamento e gestão urbana corresponsável e com aplicação da metodologia do Urbanismo Cívico – pedagógico. Fonte: Equidade Territorial em Medellín, 2014. Adaptação da metodologia feita pela EDU, Medellín-Colômbia.

4.2 A equidade urbana como abordagem de desenvolvimento urbano

O principal foco para a abordagem das cidades latino-americanas em desenvolvimento está sendo a Equidade Urbana⁵, pleiteando que “a organização do território, expressão espacial do fato social, cria efeitos do lugar que podem consolidar, agravar ou diminuir as injustiças sociais” (Bret, 2014). É concebida dentro das condições territoriais da distribuição e acesso aos serviços urbanos, entendendo o território como o fluxo de relações de poder que existem nele, vinculando a relação intrínseca entre espaço, ações e

⁴ Urban Land Institute: instituição sem fins lucrativos e instituto de pesquisa com foco no uso da terra, a fim de melhorar o ambiente total.

⁵ Equidade Urbana: Tema central da discussão proposto pela ONU Habitat no foro mundial de 2014, feito em Medellín, Colômbia.

atores como um sistema. Este planejamento procura intervir nas desigualdades territoriais em função de mais eficiência na distribuição dos recursos públicos, priorizando a geração de oportunidades para os cidadãos menos favorecidos, porém o enfoque de todas as decisões tem que ser analisado em função do “quem paga?” e “quem vai ser beneficiado?” (Bates & Zapata, 2013); onde planejadores e autoridades locais tem um papel chave na busca e maximização dos benefícios na distribuição. Se bem não parecesse trazer benefícios econômicos imediatos participa diretamente no desenvolvimento das cidades, procurando um modelo de cidade coesivo e equânime. A agenda de reforma urbana propõe um marco legal e institucional para viabilizar o direito à cidade através de instrumentos de planejamento urbanos progressistas (Fernandes, 2007). Ações de liderança local entendendo o compartilhamento dos custos da infraestrutura relacionando-se e produzindo parcerias com o mercado, dentro de grandes projetos que contemplem oportunidades de renovação e melhoria urbana; são chaves na construção de um desenvolvimento urbano com equidade promovendo: ações integras multi - setoriais, processo de inclusão social e político multi - temporal, multi-escalar e com uma visão integrada para todas as classes sociais. Segundo Borja & Castells (1997) um governo promotor é aquele que agencie a cidade, desenvolvendo uma imagem forte e positiva, apoiada em uma oferta de infraestrutura e de serviços que atraia investidores e atenda a população local; comunique-se com outras administrações e através de parcerias público-privadas; promova internamente a cidade, tornando os cidadãos locais atores que confiem e tenha otimismo em relação ao futuro da cidade; e, que inove administrativamente, através de mecanismos de cooperação social e participação cidadã.

5. CONCLUSÃO

Sabe-se que “bons atos normativos” por si só não mudarão as realidades urbanas e sociais. Assim, percebe-se que o futuro dos instrumentos previstos como fomento para a sustentabilidade nas cidades e na busca pela equidade urbana requer a superação dos obstáculos burocráticos e aprimoramento da ordem jurídica; efetivando a utilização de políticas públicas progressistas e contínuas, com municípios conciliando interesses e propostas dos atores envolvidos na gestão democrática das cidades. Uma alternativa é utilizar grandes projetos baseados na equidade urbana, em formatos em que o poder público desenvolva procedimentos para direcionar o interesse privado segundo as suas intenções, propondo intervenções que garantam a descentralização do território e usos diferenciados, com caráter redistributivo e a inclusão de moradias a ser adquiridas pelos cidadãos com menor renda. O ponto central é definir que objetivo do tratamento diferenciado seja benéfico para a coletividade. É importante canalizar forças num único sentido, de forma que o poder econômico e as necessidades urbanas lutem pela melhoria na qualidade de vida e enfrentar de maneira realista o problema da equidade, respondendo a questão apresentada de “quem paga” o desenvolvimento urbano.

Conclui-se que as políticas públicas brasileiras criadas nos últimos anos, encaminham aos municípios a enxergar e pensar seus espaços, olhando para si e reconhecendo sua identidade e vocações, necessitando de gestores públicos inovadores reconheçam seu território, suas pessoas e seus potenciais para a tomada de decisões idôneas, e evitando usar zoneamentos que fragmentam a cidade fazendo exclusão. As pessoas de todas as classes sociais, idades e ideologias devem viver de forma integrada, tratando as cidades

como um sistema complexo com equidade. Além disso, no território é preciso identificar e promover o senso de pertencimento a favor da tomada de decisão, promovendo a participação popular, o empoderamento do coletivo organizado para o eficaz planejamento, reconhecendo os padrões de comportamento que vão muito além do que as políticas públicas federais conseguem mensurar. É necessária a visão de longo prazo que deve passar as gestões políticas e transformar-se em algo comum e contínuo.

REFERENCIAS

- Arantes, O.; Vanier, C.; Maricato, E. 2000. *A cidade do pensamento único: desmanchando consensos*. Petrópolis: Vozes.
- Bates, L. & Zapata, M. 2013. Revisiting Equity the HUD Sustainable Communities Initiative. *Progressive Planning* 194: 14-17.
- Bret, B. Equidade Territorial. In: Hypergéio <http://www.hypergeo.eu/spip.php?article560>. Acesso: 06 junho 2016.
- Borja, J. & Castells, M. 1997. *Local y global: la gestión de las ciudades en la era de la información*. Madrid, Espanha.
- Fernandes, E. 2007. Constructing the 'Right To The City' in Brazil. In: *Social Legal Studies* 16(2): 201-207.
- Fernandez, E. & Pereira, H. D. 2010. Legalização das favelas: qual é o problema de Belo Horizonte? . *IPEA. Planejamento e Políticas Públicas* 34: 171-199. Brasília- DF.
- Fernandez A., C. 2007. *Direito Urbanístico: o Estatuto da Cidade e seus instrumentos de política Urbana*. Tese de Pós-Graduação Gestão Urbana e Desenvolvimento Municipal. Centro Integrado de Ordenamento Territorial – CIORD. Universidade de Brasília, Brasília - DF.
- Inter-American Development Bank. 2014. *Equidad Territorial en Medellín: La Empresa de Desarrollo Urbano, EDU, como motor de la Transformación Urbana*. Medellín, Colômbia.
- Kowarick, L. 1980. *A espoliação urbana*. Paz e Terra. Rio de Janeiro.
- MP N° 2.220 (2001): *Concessão Especial de uso para fins de moradia e Criação do Conselho Nacional de Desenvolvimento Urbano* (CNDU).
- Rodriguez A., A.2010. *Organização do Espaço urbano e a gestão da Cidade*. Belém - PA. Disponível em: <<http://www.belem.pa.gov.br/planodiretor/pdfs/Artigos.pdf>>. Acesso: 30 abril 2016.
- Rolnik, R. 2013. *10 Anos do Estatuto da Cidade: Das Lutas pela Reforma Urbana às Cidades da Copa do Mundo*. São Paulo - SP. Disponível em: <<https://raquelrolnik.files.wordpress.com/2013/07/10-anos-do-estatuto-da-cidade.pdf>>. Acesso: 30 abril 2016.
- Rolnik, R. 2009. Democracia no fio da navalha: limites e possibilidades para a implementação de uma agenda de Reforma Urbana no Brasil. *Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais* 11(2): 31-50.
- Sales, P. M. R. 2011. Operações Urbanas Consorciadas. In: IPPUR – Observatório das Cidades. *Cadernos Técnicos de Orientação para Implementação dos Instrumentos do Estatuto das Cidades*. Rio de Janeiro – RJ.
- Santoro, P. 2012. *Planejar a expansão urbana – dilemas e perspectivas*. Tese de Doutorado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de São Paulo, São Paulo - SP.
- Santos S., S. 2005. Conhecendo o Estatuto da Cidade. *Extensio - Revista Eletrônica de Extensão* 3:3-34, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis – SC.
- Santos, M. 2011. *O sistema de gestão e participação democrática nos planos diretores brasileiros*. Rio de Janeiro: letra Capital. Rio de Janeiro – RJ.
- Trevas, V.; Magalhães, I.; Barreto O, L. 1999. *Governo e cidadania: Balanço e reflexões sobre o modo petista de governar*. Fundação Perseu Abramo. São Paulo – SP.
- United Nations Habitat. 2014. *World Urban Forum: Urban Equity in Development –Cities for Life*. Medellín, Colômbia. Disponível em: <<http://wuf7.unhabitat.org/wuf7-reporting-and-conclusions>>. Acesso: 30 abril 2016.
- Vainer, C. 2013. *Pátria, empresa e mercadoria: a estratégia discursiva do Planejamento Estratégico Urbano*. Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano e Regional. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro – RJ.



Impactos energéticos e econômicos de medidas de eficiência energética em projetos de HIS

María Andrea Triana Montes

Universidade Federal de Santa Catarina, Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Florianópolis (SC), Brasil

andrea@labeee.ufsc.br

Roberto Lamberts

Universidade Federal de Santa Catarina, Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Florianópolis, Brasil

roberto.lamberts@ufsc.br

Paola Sassi

Oxford Brookes University, School of Architecture, Oxford, United Kingdom

p.sassi@brookes.ac.uk

RESUMO: Uma utilização eficiente da energia no setor dos edifícios está sendo colocado como alvo em todo o mundo. Portanto, a avaliação de desempenho termo energético dos edifícios precisa integrar melhor critérios de sustentabilidade através de um pensamento de longo prazo. Brasil apresenta necessidade imediata de expansão de milhares de novas casas para atender o déficit habitacional, concentrado em famílias com renda entre zero a três salários mínimos. O programa Minha Casa, Minha Vida foi criado como uma forma de reduzir este déficit. Muitas casas estão sendo construídas para este programa, mas sem considerações bioclimáticas e eficiência energética, onde custos são vistos como custo inicial, sem considerar-se o ciclo de vida. Assim, o objetivo deste estudo é a análise de estratégias para melhoria da eficiência energética em projetos de habitação social, concentrados em mudanças na cobertura, considerando indicadores térmico, de consumo energético e econômico, no horizonte de 50 anos. Os resultados foram analisados considerando o potencial de redução de graus hora, uso previsto de condicionamento ambiental e as potenciais poupanças econômicas no cenário de mudanças climáticas para a cidade de São Paulo. As medidas avaliadas mostraram melhorias significativas nos cenários climáticos. Na análise econômica a maioria das alternativas analisadas se tornam viáveis já no cenário climático atual, enquanto todas ficam viáveis nos cenários de clima futuro. A aplicação do conceito do ciclo de vida e mudanças climáticas mostra-se uma ferramenta importante na avaliação de projetos com melhoria no desempenho termo energético. Estes resultados fazem parte de uma pesquisa de doutorado.

Palavras chaves *Habitação de interesse social, Medidas de eficiência energética, Desempenho termo energético, Análise econômica, Mudanças climáticas, Ciclo de vida.*

1. INTRODUÇÃO

O Plano Nacional de Energia no Brasil - PNE 2030 (BRASIL, MME e EPE, 2007) mostra uma tendência de crescimento na participação da demanda de energia elétrica do setor residencial até 2030, estimado entre 24,3% e 28% da demanda total de energia elétrica. As políticas do governo no país indicam que a conservação da energia se tem tornado um item muito relevante e, no cenário atual e futuro, as habitações de interesse social apresentam-se como uma parcela importante no setor da construção. Isto, devido a sua necessidade urgente de expansão, que está concentrada nas famílias de menor renda e nas regiões Sudeste e Nordeste (BRASIL, 2011). No entanto, um dos critérios do Programa Minha Casa, Minha Vida – PMCMV, criado para combater o déficit habitacional é a priorização de projetos para a faixa de menor renda familiar (Faixa 1) considerando o menor valor de aquisição das unidades habitacionais (BRASIL E MINICIDADES, 2011). Com isto, a inclusão de medidas de eficiência energética nos projetos de habitação de interesse social pode ser muitas vezes difícil, resultando por vezes em qualidade de construção e desempenho térmico baixo (ALMEIDA et al., 2013; LINCK et al. 2013; SILVA et al. 2013; CURCIO e DA SILVA, 2013; BODACH e HAMHABER, 2010). Assim, para Kowaltowski e Granja (2011) uma análise de custo-benefício de produtos de habitações sociais mais eficientes, se apresenta como um desafio relevante na atualidade para o país.

De outro lado, Williams et al., 2012 destacam as variações no clima ocasionadas pelas mudanças climáticas como um fator que pode ter grande influência no desempenho térmico e energético das edificações. Neste sentido, estudos para avaliação de medidas de eficiência energética nos edifícios focados em medidas de mitigação e principalmente adaptação às mudanças climáticas estão surgindo principalmente em países de clima frio e considerados com maior desenvolvimento (VAN HOOFF et al. 2014; GUPTA E GREGG, 2012; KERSHAW et al. 2011). Ainda, alguns desses estudos são focados no setor de habitações de interesse social (RODERS e STRAUB, 2014).

Para CIB e UNEP-IETC (2002) “as intervenções de habitações de interesse social buscam custos iniciais baixos por unidade entregue, com mínima consideração pelo custo no ciclo de vida da casa dada aos usuários, à comunidade e sociedade em geral” (CIB e UNEP-IETC 2002, p.30. [tradução nossa]). A análise do custo no ciclo de vida – CCV, é um método econômico de avaliação de projetos que leva em consideração todos os custos das fases do ciclo de vida da edificação, como construção, operação, manutenção e final da vida, sendo especialmente indicado para avaliação de alternativas de projeto de edifícios com diferentes opções (BSI, 2008; SCHADE, 2003). Um dos métodos mais conhecidos para aplicação do CCV é o “Valor Presente Líquido” VPL e mostra-se, segundo Schade (2003), como o mais apropriado para a indústria da construção.

Estudos como o de Griego, Krarti e Hernández-Guerrero (2012) consideraram uma análise para melhoria da eficiência energética em edifícios residenciais, relacionando melhoria no conforto térmico dos usuários com poupanças financeiras e de energia. No Brasil, até o momento não foram encontrados estudos que abordem análise de custo do ciclo de vida junto a mudanças climáticas em relação à incorporação de estratégias de eficiência energética nas habitações. Bodach e Hamhaber (2010) relacionaram uma maior eficiência energética nas habitações de interesse social com redução nas contas de energia, porém somente associando custo capital. Triana e Lamberts (2013) fizeram um estudo para a Companhia de Habitação de Santa Catarina que propunha alterações com relação a

estratégias de uso racional de energia e água para a casa padrão de 36 m² da Companhia. Para tanto, foram mostrados impactos com relação ao desempenho termo energético na operação e levantados custos iniciais das ações propostas. De outro lado, Casagrande (2013) abordou cenários de mudanças climáticas para a avaliação de uma tipologia de edifício comercial em diferentes cidades, com o intuito de avaliar o desempenho térmico no clima futuro, considerando o impacto no consumo de energia. O estudo usou dados mundiais disponíveis no centro de dados do IPCC do cenário A2 do SRES considerando os cenários climáticos de 2020, 2050 e 2080. Mais recentemente Alves et al. (2015) avaliaram o desempenho térmico de três unidades residenciais tendo em vista as previsões frente às mudanças climáticas para a cidade de São Paulo, com dados locais e o cenário RCP 8.5 do AR5 do IPCC.

Desta forma, coloca-se a necessidade de um pensamento que englobe o ciclo de vida das edificações para análise dos impactos e benefícios de ações de melhoria nos projetos considerando conceitos da sustentabilidade e mudanças climáticas. Assim, o objetivo deste artigo é analisar estratégias para melhoria do desempenho térmico e energético em um projeto representativo de habitação de interesse social considerando impactos termo energéticos e econômicos no horizonte de 50 anos frente ao cenário de mudanças climáticas para a cidade de São Paulo. As estratégias aqui apresentadas estão relacionadas à mudanças na cobertura. Este estudo é parte de uma pesquisa de doutorado.

2. MÉTODO

A análise foi realizada no projeto representativo para um residencial unifamiliar da Faixa 1 determinado por Triana et al. (2015). No método foram realizadas as etapas de: preparação de arquivos climáticos futuros; levantamento dos dados para a simulação termo energética e levantamento dos dados para análise econômica no ciclo de vida.

2.1 Arquivos para cenários climáticos futuros

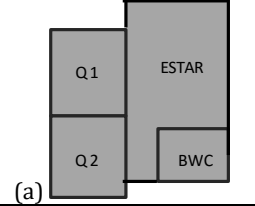

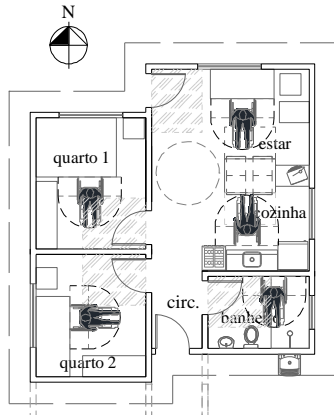
Adotou-se o uso da ferramenta *CCWorldWeatherGen* na versão 1.8, conforme metodologia de Jentsch et al. (2013). A ferramenta usa dados globais do modelo HadCM3 no cenário A2 do terceiro e quarto relatório do IPCC e segundo os autores os resultados obtidos com a ferramenta podem ser considerados como mostrando uma tendência no clima futuro. Para a cidade de São Paulo foi usado o arquivo TRY disponível no site do LABEEE (2015) que representa o período de 1961 a 1990, considerado como cenário climático atual. O arquivo foi convertido para o clima representativo de 2020, que representa o período de 2011 a 2040; e o arquivo de 2050 que representa o período de 2041 a 2070. Considera-se que embora com poucos anos no passado está sendo representada a vida útil de 50 anos da edificação, conforme estimado pela NBR 15575.

2.2 Dados para análise termo energética

O modelo representativo foi determinado pela análise de 11 projetos nacionais de Companhias de Habitação e Agentes Públicos com as características da envoltória e planta como descrito por Triana et al. (2015) (Tabela 1). Foi acrescida na Tabela a imagem com a volumetria do modelo de simulação. A simulação termo energética foi realizada no programa Energy Plus versão 8.2. Para tanto, foi criado um modelo que incluiu cinco zonas térmicas: estar (incluindo cozinha), quarto 1, quarto 2 e banheiro, todos com pé direito de

2,5m. Sendo o ático também modelado como zona térmica. As simulações foram realizadas considerando o Norte na pior situação, pois melhorias observadas nesta situação tendem a incrementar-se com relação a um melhor posicionamento solar.

Tabela 1. Principais características e planta baixa do projeto representativo para a casa unifamiliar do nível de renda 1 conforme Triana et al. (2015)

<ul style="list-style-type: none"> -Ventilação cruzada; -Beiral: 50 cm; -Pé Direito: 2.50m -Chuveiro elétrico para aquecimento de água, considerando potência do equipamento > 4.600W; -Possibilidade de extensão de um quarto e circulação; -Sem área de convivência externa; -Área de serviço externa; -Piso: piso cerâmico 1cm +2cm argamassa de regularização + 5cm contrapiso + 3 cm colchão de brita; -Paredes: 13cm (Bloco de tijolo cerâmico 9x14x19 com reboco interno e externo) com $U=2.43 \text{ W/m}^2\text{K}$ e $\text{Cap. Térmica}=132 \text{ kJ/m}^2\text{K}$; $\alpha=0,6$. -Portas:0,80x2,10m, Externas: metálicas; internas: madeira; -Cobertura: 2 águas, telha cerâmica+ ático forro PVC. Inclinação 23,6°. Estrutura telhado em madeira, $U=1,75 \text{ W/m}^2\text{K}$, Capacidade Térmica=21.4kJ/m²K; $\alpha=0,6$; 	<ul style="list-style-type: none"> -Janelas: Estar e quartos: 1,50m² – 2 folhas de correr, peitoril=1,10m (FV=0,45, FI= 0,8); Cozinha: 1,20m² – 2 folhas de correr (FV=0,45, FI=0,80); Banheiro: 0,48 m² – janela basculante com esquadria, peitoril=1,50m, FV=0,90; FI= 0,65 - Sem venezianas -Vidro: 4mm transparente; -Esquadrias em alumínio;
<p>(a)</p>  <p>(b)</p> 	<p>(c)</p> 

OBS: FV=Fator de ventilação; FI= Fator de iluminação a) zonas térmicas, b) modelo de simulação, c) planta baixa

Referências nacionais como o Sistema de Informações de Posses de Eletrodomésticos e Hábitos de Consumo – SINPHA (Brasil et al. 2007), Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios – PNAD (IBGE, 2013), Censo de 2010 (Brasil e IBGE, 2010), Etiquetagem de Energia (Brasil, 2012) e dados da Agência Nacional de Energia Elétrica – Aneel (ANEEL, 2015), serviram para a definição das cargas internas. Foi estabelecido um consumo de 136,65 kWh/mês para iluminação, eletrodomésticos e chuveiro elétrico. Porém sem considerar o chuveiro elétrico considerou-se um consumo de 72,65 kWh/mês. Não foi considerado consumo em *stand by*. Foram considerados 4 usuários para o estar e dois por quarto com taxa metabólica de 108 e 81W respectivamente. O comportamento do usuário também foi mantido constante. Os padrões de uso de iluminação e ocupação em grande parte com base na Etiqueta de Energia foram mantidos constantes ao longo dos 50 anos e são conforme Figura 1a e b. Foram realizadas dois tipos de simulações. A primeira para operação com ventilação natural considerou a metodologia da Etiquetagem Nacional de Energia do Inmetro.

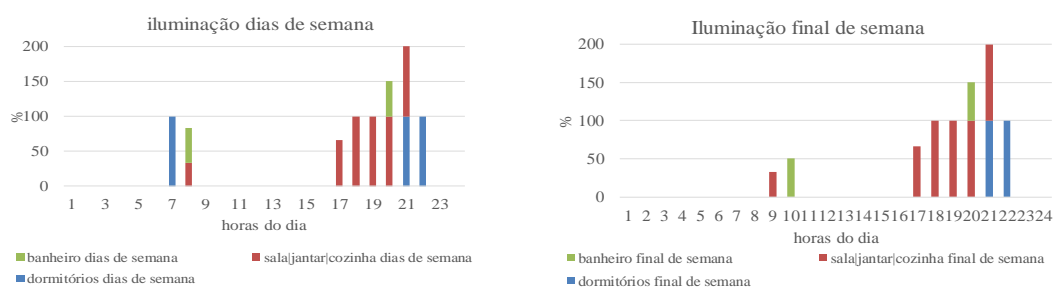


Figura 1a. Padrões de iluminação e ocupação para ambas regiões

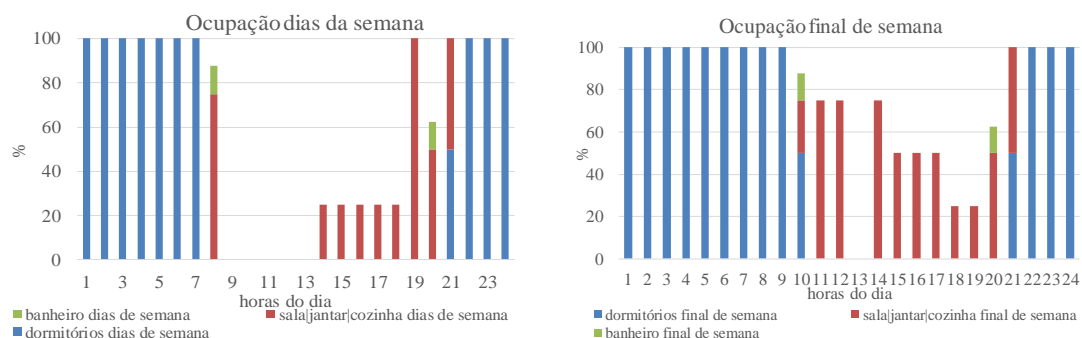


Figura 1b. Padrões de iluminação e ocupação para ambas regiões

A segunda considerou o uso previsto com ar condicionado, tomando como base também a metodologia da Etiqueta de Energia com algumas diferenças. Foi modelada não somente para os quartos mas também para o estar/cozinha usando o objeto *Packaged Terminal Heat Pump* do *Energy Plus*, sendo ligada a um termostato. Com base em De Vecchi et al. (2014) considerou para aquecimento 19,5°C. Com base em Sorgato (2015) considerou-se um termostato para refrigeração a 24°C entre 07h e 24h e 25°C durante a madrugada das 24h até 07h, seguindo a ocupação dos ambientes. O coeficiente de desempenho dos sistemas de refrigeração e aquecimento foi de 3,24 W/W constante em todos os cenários climáticos. Para a temperatura foi usado o objeto integrado no *Energy Plus* através do *Ground Domain Slab*. Os dados da simulação foram analisados com relação à graus horas de resfriamento, considerando como temperatura base 26º e graus hora de aquecimento considerando como temperatura base 19,5º. Já, o condicionamento artificial previsto foi analisado em kWh/ano e posteriormente na vida útil para resfriamento e aquecimento da habitação. Salienta-se a importância do uso da ventilação natural nas habitações no Brasil, entretanto a simulação com previsão do uso de ar condicionado foi considerada como um recurso da metodologia. Os resultados consideraram como valor final por indicador a média ponderada por área para os ambientes de maior permanência. As estratégias foram analisadas com relação à mudanças na cobertura conforme Tabela 2.

Tabela 2. Estratégias avaliadas para a cobertura

Coberturas No. Caso	COBERTURAS (todas considerando forro de PVC)	U	Ct
Cob0 (CB)	Telha de barro cor natural α 0.6	1,75	21,4
Cob1	Telha de barro cor natural +isolante lâ de rocha 2.5cm	0,89	22,17
Cob2	Telha de barro cor natural +isolante lâ de rocha 5cm	0,59	23,86
Cob3	Telha de barro cor natural +isolante lâ de rocha 7cm	0,41	25,21
Cob4	Telha de barro cor clara α 0.5	1,75	21,4
Cob5	Telha de barro cor clara +isolante lâ de rocha 2.5cm	0,89	22,17
Cob6	Telha de barro cor clara +isolante lâ de rocha 5cm	0,59	23,86
Cob7	Telha de barro cor clara +isolante lâ de rocha 7cm	0,41	25,21
Cob8	Cobertura telha metálica (α 0.3)	1,78	24,53
Cob9	Cobertura telha metálica+isolante lâ de rocha 2.5cm	0,90	26,22
Cob10	Cobertura telha metálica + isolante lâ de rocha 5cm	0,60	27,90
Cob11	Cobertura telha metálica + isolante lâ de rocha 7cm	0,42	29,25

2.3 Dados para análise econômica

Estão sendo mostrados neste artigo somente os resultados e aquisição de dados de custo inicial dos materiais e fase operacional, excluindo por conta do tamanho do artigo, as fases

no ciclo de vida de transporte, desperdício e manutenção. Para o custo inicial dos materiais usados foram levantados os preços em valores Reais com base no SINAPI de Março de 2016 para o Estado de São Paulo. O cálculo do custo no ciclo de vida operacional foi realizado usando a abordagem do valor presente líquido ou descontado. Os valores da fase de uso, foram transformados inicialmente a valor futuro colocando a inflação e depois descontados a valor presente usando a taxa de desconto com base na metodologia abordada por Islam et al. (2014). Assim, o valor futuro foi calculado através da Equação 1. Já para o valor presente líquido ou descontado foi usada a equação 2:

$$CF = VP \cdot (1+f)^n \quad (1)$$

$$VPL = CF / (1+d)^n \quad (2)$$

Onde CF = custo futuro; VPL = valor presente descontado; VP = valor presente (inicial); f = taxa de inflação; d = taxa de desconto e n = número de anos.

A análise limitou-se aos principais materiais da envoltória que influem no desempenho termo energético da edificação. Custos incluem o custo inicial dos materiais e custo operacional na fase de uso com consumo previsto para condicionamento ambiental e custo do consumo de eletrodomésticos e iluminação (outros). Para as taxas foram usados as médias dos últimos 10 anos. A inflação com base no Índice Nacional de Custos da Construção - INCC-DI, é de 7,09%. A taxa de desconto com base na taxa SELIC conforme Santos (2007), foi de 11,97%. Na fase de uso, foi considerado o custo do uso da energia para operação da edificação analisando o período de 50 anos e os três cenários climáticos, em função dos valores obtidos na simulação termo energética. Para tanto, foi considerado o preço médio do kWh para a Tarifa Residencial conforme tarifa da ANEEL de 2016 mais impostos de ICMS, PIS e COFINS. Para São Paulo foi adotado 0,54 R\$/kWh.

3. RESULTADOS

3.1 Avaliação dos impactos das mudanças climáticas com indicadores na operação com ventilação natural

As medidas avaliadas com relação à cobertura incluíram mudança no material, uso de absorvâncias mais baixas e isolante, considerando diferentes espessuras. Foram estimadas dois tipos de coberturas: telha de barro com duas absorvâncias e cobertura metálica com uma única absorvância. A telha de barro do caso base considera a absorvância 0,6 que corresponde a telha não esmaltada na cor natural mais avermelhada e comumente usada. A mesma telha é considerada com a absorvância de 0,5 para telhas com cor natural porém mais clara. Já para a telha metálica foi considerada somente a absorvância de 0,3 que corresponde a uma telha metálica na cor branca. A Figura 2 mostra os resultados para graus hora de resfriamento e aquecimento para cada tipo de cobertura nos três cenários climáticos e a Figura 3 e a relação entre capacidade térmica e graus hora para as coberturas avaliadas no cenário de 2050. Observou-se que com relação aos indicadores que avaliam melhoria de desempenho no calor todas as medidas aferidas apresentam melhoria em relação ao caso base para todos os cenários climáticos. Já o mesmo não ocorre para os indicadores que avaliam melhoria para desempenho no frio, onde algumas medidas mostram maiores graus hora de aquecimento do que o caso base. O aquecimento só é colocado em evidência para o cenário climático atual. As coberturas sem isolante (Cob4 e

Cob8) mostram maiores graus hora para resfriamento e aquecimento do que as outras alternativas, porém nos graus de resfriamento teve-se redução com relação ao caso base.

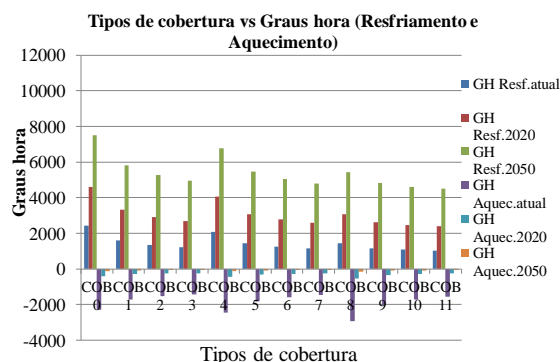


Figura 2. Média ponderada para graus hora de resfriamento e aquecimento nas coberturas

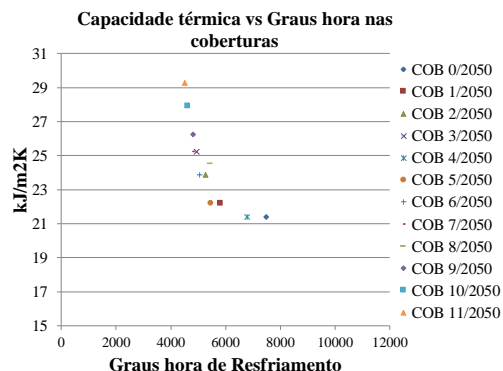


Figura 3. Relação entre capacidade termica das coberturas e graus hora de resfriamento

Entre elas o melhor desempenho para resfriamento é observado na cobertura com menor α (Cob8), entretanto a mesma também apresenta a maior quantidade de graus hora para aquecimento nos três cenários. De forma geral a cobertura 11 (metálica com $\alpha:0,3$ e 7 cm de isolamento) tem o melhor desempenho com relação aos graus hora de resfriamento nos três cenários, principalmente por conta da baixa absorvância e da camada de isolante. No entanto não ocupa a mesma posição para o aquecimento. A diferença nos resultados com mesmo tipo de cobertura e diferente espessura de isolamento é baixa. Observa-se que outros tipos de cobertura, como a telha de barro em especial clara também conseguem desempenhos similares aos da cobertura metálica, entretanto com o uso de isolantes com maior espessura. Desta forma é comparável o desempenho para os graus hora de resfriamento da COB6 com a COB9, mas a COB6 obtém menos graus hora no aquecimento. Já as coberturas 1 e 5 com telha de barro e isolante 2,5cm apresentam graus hora para resfriamento similares aos da COB8 metálica sem isolamento, porém com melhor desempenho no aquecimento. A baixa absorvância da telha metálica compensa a falta de isolamento, entretanto não atua da mesma forma nos graus hora de aquecimento, em especial no cenário atual. Desta forma, nota-se o isolamento sendo mais eficaz a partir de 5cm em telhas com absorvâncias médias. Por outro lado, a transmitância não mostra uma relação direta com os graus hora para resfriamento. Contudo, observou-se que na amostra todas as coberturas avaliadas possuem valores muito semelhantes de capacidade térmica e sua relação com graus hora de resfriamento mostra uma tendência de queda entre as coberturas onde influi o isolamento e absorvância solar. Coberturas mais isoladas e com menor absorvância tem melhor desempenho neste indicador. A tendência de queda se estabiliza para coberturas com absorvância solar meia a alta sem isolamento (Fig. 3).

3.2 Avaliação dos impactos das mudanças climáticas com indicadores na operação com condicionamento artificial

A Figura 4 mostra o consumo previsto com refrigeração e aquecimento para todos os casos e cenários. Observa-se que o consumo previsto com refrigeração e aquecimento mostra um comportamento similar à situação com ventilação natural. Em todos os cenários, as coberturas com isolamento apresentam um melhor desempenho. O caso base apresenta novamente o pior desempenho e a cobertura 11 o melhor. Coberturas com maior espessura de isolamento mostram um melhor desempenho, porém a diferença no desempenho para

as diversas espessuras de isolante é muito baixa e menor do que para o desempenho com ventilação natural. A Figura 5 mostra a relação entre consumo previsto para refrigeração e graus hora de resfriamento considerando os resultados em todos os cenários climáticos.

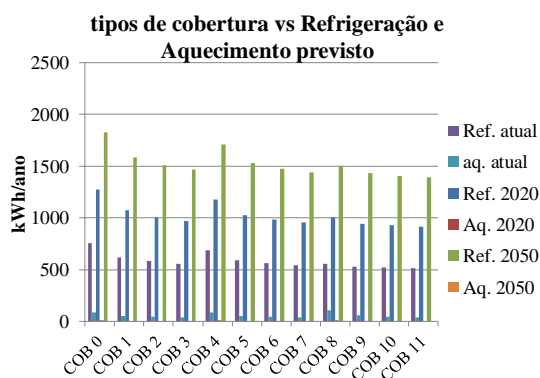


Figura 4. Refrigeração e aquecimento previsto para as diversas coberturas analisadas nos três cenários

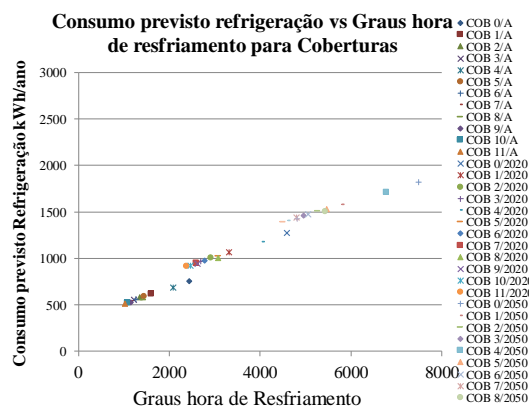


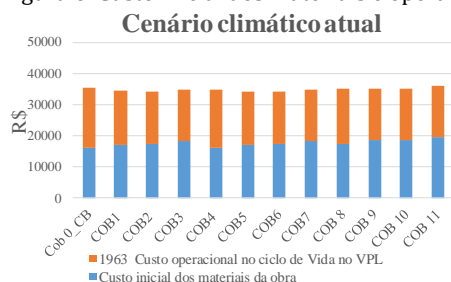
Figura 5. Relação entre refrigeração previsto e graus hora de resfriamento nos três cenários

Observa-se que o consumo previsto para refrigeração mostra uma relação linear com os graus hora de resfriamento para todos os cenários climáticos, porém a amplitude entre os diferentes tipos de coberturas estende-se para 2050 quando comparado ao cenário atual.

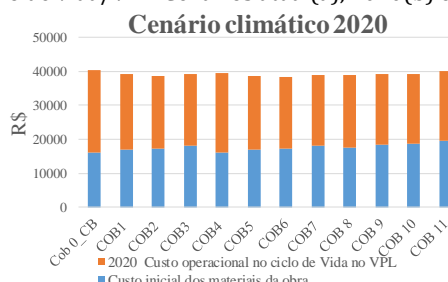
3.2 Avaliação dos impactos das mudanças climáticas com indicadores econômicos no ciclo de vida

A Figura 6 mostra os resultados da avaliação econômica nos casos avaliados para os três cenários climáticos considerando somente o custo inicial dos materiais e o custo operacional no ciclo de vida com VPL. O custo inicial dos materiais da envoltória contabilizados no caso base é de R\$ 16.090,11. O custo da energia operacional anual para eletrodomésticos e iluminação é de R\$494,67. O custo da energia operacional para condicionamento ambiental previsto anual é de R\$457,48 no cenário climático atual, R\$696,20 no cenário climático de 2020 e R\$987,97 no cenário climático de 2050. No custo inicial dos materiais observa-se como esperado um custo maior para as todas alternativas avaliadas com relação ao caso base, com exceção da cobertura 4. Entretanto na energia operacional prevista com o uso de condicionamento artificial nos 50 anos da vida útil da edificação os resultados são diferentes nas alternativas avaliadas e dependem do cenário climático, tendo o caso base o maior valor sempre. O valor final considerado para custo inicial dos materiais e custo operacional nos 50 anos mostra para o cenário climático atual as coberturas do caso 1 ao 10 com um valor total inferior ao caso base. Somente o caso 11 mostra valores totais superiores ao caso base.

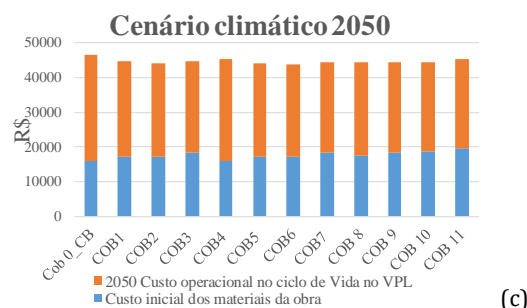
Figura 6. Custo inicial dos materiais e operacional no ciclo de vida/VPL. Cenários atual(a), 2020(b) e 2050(c)



(a)



(b)



Já nos cenários climáticos futuros todas as alternativas analisadas mostram valores menores ao caso base quando considerados a soma dos custos iniciais dos materiais mais custos operacionais com condicionamento ambiental previsto e equipamentos e iluminação para a vida útil da edificação. O melhor desempenho observa-se na COB6 (telha de barro α 0,5+isolante lã de rocha 5cm), com redução entre 4-6% frente ao caso base. A diferença entre os valores finais não é grande, porém mostra-se a viabilidade das medidas adotadas.

4 CONCLUSÕES

Os resultados mostraram significativa melhoria no desempenho térmico da edificação com relação aos graus hora, especialmente de resfriamento para todas as alternativas avaliadas, comparadas ao caso base em todos os cenários. Obtiveram-se redução de graus hora de resfriamento entre 9% a 57% dependendo da alternativa e cenário climático avaliado. Para graus hora de aquecimento os resultados variaram desde um aumento de 28% até redução de 37% dependendo da alternativa e no cenário atual até aumento de 35% e redução de 48% no cenário de 2050. Com relação ao consumo estimado de condicionamento do ar, as alternativas avaliadas também mostraram uma melhoria significativa entre 4% a 16% constante em todos os cenários climáticos, entretanto a porcentagem de melhoria foi maior para o desempenho da edificação com ventilação natural. Com relação à análise econômica e considerando somente o custo inicial dos materiais e custo de operação nos 50 anos da vida útil, 10 das 11 alternativas analisadas se tornam viáveis já no cenário climático atual, enquanto todas as alternativas ficam viáveis com os cenários de clima futuro. Mudanças como incremento da tarifa de energia elétrica, podem mostrar maiores vantagens financeiras. A utilização do isolamento nas coberturas mostrou-se fundamental para melhoria do desempenho termo energético, tanto com relação aos indicadores de frio quanto de calor. A aplicação do conceito do ciclo de vida e mudanças climáticas mostra-se como uma ferramenta importante na avaliação de projetos com melhoria no desempenho e eficiência energética, para a qual devem ser considerados estudos que integrem outras variáveis e medidas de adaptação, o que será mostrado em próximas etapas.

REFERÊNCIAS

- Almeida, L. S. S., Silva, A. S., Schneider, K., & Ghisi, E. 2013. *Avaliação da envoltória de habitações de interesse social de Florianópolis de acordo com o método prescritivo do RTQ-R*. In XII ENCAC / VIII ELACAC (p. Conforto e Projeto. v. 1. p. 1246-1255). Brasília.
- Alves, C. A., Duarte, D. H. S., & Gonçalves, F. L. T. 2015. *Resiliência das edificações às mudanças climáticas na região metropolitana de São Paulo. Parte 2: estudo de caso - desempenho térmico de edifícios residenciais de idosos*. In XIII ENCAC /IX ELACAC
- ANEEL. 2015. Institutional website.

- Bodach, S., & Hamhaber, J. 2010. Energy efficiency in social housing: Opportunities and barriers from a case study in Brazil. *Energy Policy*, 38(12), 7898–7910.
- Brasil, MME, & EPE. 2007. *Plano Nacional de Energia 2030: Projeções*.
- Brasil. 2011. *Déficit habitacional no Brasil 2008*.
- Brasil. 2012. *Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Efic. Energética de Edific. Residenciais*.
- Brasil & Mincidades. 2011. *Portaria N. 465 de 3 de outubro de 2011*.
- Brasil & IBGE. 2010. *Resultados do Universo do Censo Demográfico 2010*.
- Brasil-Eletróbrás-Procel. 2007. *Avaliação do mercado de eficiência energética no Brasil: pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso - ano base 2005*.
- BSi-British-Standards. 2008. BS ISO 15686-5. *Buildings and constructed assets: Life-cycle costing*.
- Casagrande, B. G. 2013. *Cenários climáticos futuros: diagnóstico prospectivo do desempenho termoenergético. Dissertação*. Universidade Federal do Espírito Santo.
- CIB & UNEP-IETC. 2002. *Agenda 21 for sustainable construction in developing countries*.
- Curcio, D. da R., & Da Silva, A. C. S. 2013. *Desempenho térmico de habitações de interesse social, em edifícios multifamiliares, produzidas pelo programa de arrendamento residencial – PAR, na cidade de Pelotas / RS. In XII ENCAC / VIII ELACAC. Brasília*.
- De Vecchi, R., Sorgato, M. J., Pacheco, M., Cândido, C., & Lamberts, R. 2014. *Application of the adaptive model proposed by ASHRAE 55 in the Brazilian climate context: raising some issues*. In L. N. for C. and E. U. in Buildings (Ed.), *8th Windsor Conference* (Vol. 15251). Windsor.
- Griego, D., Krarti, M., & Hernández-Guerrero, A. 2012. Optimization of energy efficiency and thermal comfort measures for residential buildings in Salamanca, Mexico. *Energy and Buildings*, 54, 540–549.
- Gupta, R. & Gregg, M. 2012. Using UK climate change projections to adapt existing English homes for a warming climate. *Building and Environment*, 55, 20–42.
- IBGE. 2013. *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios 2012*.
- Islam, H., Jollands, M., Setunge, S., Ahmed, I., & Haque, N. 2014. Life cycle assessment and life cycle cost implications of wall assemblages designs. *Energy and Buildings*, 84, 33–45.
- Jentsch, M. F., James, P. a. B., Bourikas, L., & Bahaj, A. S. 2013. Transforming existing weather data for worldwide locations to enable energy and building performance simulation under future climates. *Renewable Energy*, 55, 514–524.
- Kershaw, T., Eames, M., & Coley, D. 2011. Assessing the risk of climate change for buildings: A comparison between multi-year and probabilistic reference year simulations. *Building and Environment*, 46(6), 1303–1308.
- Kowaltowski, D. C. C. K., & Granja, A. D. 2011. The concept of desired value as a stimulus for change in social housing in Brazil. *Habitat International*, 35(3), 435–446.
- LABEEE. 2015. Site Institucional.
- Linck, G. I., de Albernard, R. S., & Grigoletti, G. de C. 2013. *Avaliação do conforto térmico de habitações de interesse social da cidade de Santa Maria, RS, a partir da opinião dos usuários. In XII ENCAC, Brasília*.
- Roders, M., & Straub, A. 2014. Assessment of the likelihood of implementation strategies for climate change adaptation measures in Dutch social housing. *Building and Environment*, 83, 168–176.
- Santos, L. J. C. 2007. *Avaliação do ciclo de vida e custeio do ciclo de vida de evaporadores para usinas de açúcar*. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- Schade, J. 2003. *Life cycle cost calculation models for buildings, 1–9*.
- Silva, R. B., de Paula, J. M. B., & Barbirato, G. M. 2013. *Programas de habitação social e qualidade de projeto: avaliação de arranjo construtivo e de condições térmicas internas de habitação no contexto climático de Maceió - AL. In XII ENCAC / VIII ELACAC. Brasília*.
- Triana, M. A., & Lamberts, R. 2013. *Proposta de incorporação de estratégias para melhoria de desempenho térmico e uso racional de energia em projeto de habitação de interesse social em Florianópolis. In XII ENCAC / VIII ELACAC. Brasília*.
- Triana, M. A., Lamberts, R. & Sassi, P. 2015. Characterisation of representative building typologies for social housing projects in Brazil and its energy performance. *Energy Policy*, 87(Dec.2014), 524–541.
- Van Hooff, T., Blocken, B., Hensen, J. L. M., & Timmermans, H. 2014. On the predicted effectiveness of climate adaptation measures for residential buildings. *Building and Environment*, 82,300–316.
- Williams, D., Elghali, L., Wheeler, R., & France, C. 2012. Climate change influence on building lifecycle greenhouse gas emissions: Case study of a UK mixed-use development. *Energy and Buildings*, 48.

AGRADECIMENTOS: O presente trabalho foi realizado com apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico–Brasil.



Urban sustainability and mobility in Sao Paulo city's 2002 and 2014 master plans. A comparative analysis

Beatriz Martins Arruda

PUC-Campinas, CEATEC, Faculty of Architecture and Planning, Campinas (SP), Brazil
beatriz.ma2@puccampinas.edu.br

Erika Soares Carvalho Vilela

PUC-Campinas, CEATEC, Faculty of Architecture and Planning, Campinas (SP), Brazil
erika.scv1@puccampinas.edu.br

Dr. Patricia Rodrigues Samora

PUC-Campinas, CEATEC, Faculty of Architecture and Planning, Campinas (SP), Brazil
patricia.samora@puc-campinas.edu.br

Dr. Luiz Augusto Maia Costa

PUC-Campinas, CEATEC, Faculty of Architecture and Planning, Campinas (SP), Brazil
luiz.augusto@puc-campinas.edu.br

ABSTRACT: This article aims to discuss the contemporary urban-territorial policies pointing to sustainable development of cities. To do this, it investigates two different moments of urban planning for the city of São Paulo: the Municipal Strategic Master Plan approved in 2014 and the previous Master Plan, from 2002, making a comparative approach. The paper discusses the urban mobility issue linked to sustainability, assuming population density as a critical indicator to the analysis, which relies on specific literature on sustainability and urban mobility presented, among others, by the authors: Henri Ascelrad, Nabil Bonduki, and Erminia Maricato. It regards the planning instruments presented in co-related legislation, such as the 2012 Municipal Urban Mobility Plan for São Paulo and the 2001 Statute of Cities, as well. It is presupposed that there is a close relationship among urban sustainability and mobility, both concepts connected to population density. Thus, it stands up for the thought that a denser and multifunctional city corresponds to social and environmental sustainability as it is more democratically accessible. The paper concludes that in the scope of Sao Paulo city's urban planning there was an evolution of the main territory ordering device towards urban sustainability during the studied period. At the end, it seems that this set of issues encourages the production of a city better committed to the community and to building up socially just urban space, especially in access to public spaces and urban services.

Keywords *Sao Paulo, Urban Planning, Strategic Master Plan, Sustainability, Urban Mobility.*

1. INTRODUCTION

Master Plans are key tools in supporting city growth and giving direction to it as they are responsible for the regulation of the many actors involved in the production of urban space. It is through such legal instruments that public policies are legitimized and multiple interests of society are mediated. Given the complexity of urban-environmental problems in contemporary cities together with the lack of satisfactory policy responses towards sustainable development, especially in developing countries, discussing territorial planning regulatory instruments in cities such as Sao Paulo is of fundamental importance.

Historically, Brazil has failed to plan and invest in three basic structural urban public policies linked to the production of the built environment: transport, housing and sanitation (Maricato, 2011). However, in the twenty-first century, Brazilian urban planning has evolved and manifested through various modalities. One of these is the Strategic Master Plan (SMP), which determines legal grounds for urban planning at municipal level. Sao Paulo was the first Brazilian state capital to approve its own SMP in 2002. After ten years, this SMP was revised and its new version has been in force since 2014.

This article aims to discuss relations between urban mobility and sustainability through the implementation of urban planning tools. In order to do that, firstly is presented the city of Sao Paulo and the mobility crisis experienced in the metropolis. Then, the theoretical contributions in which the reading of the 2002 and 2014 SMPs is grounded.

2. “ROADWAY-ISM” IN SAO PAULO

Sao Paulo is a state capital and the largest city in Brazil. It covers an area of 1521.11 km² with an estimated 11,967,825 inhabitants population (IBGE, 2015). The so called Great Sao Paulo congregates 39 municipalities and forms the 10th most populous megacity in the world (Demographia, 2015), gathering 20.935.204 million inhabitants, which means 10.32% of total Brazilian population (IBGE, 2014). The state of Sao Paulo holds more than 30% of the country's vehicle fleet, which exceeds 91 million (Denatran, 2016). The city of Sao Paulo alone holds 8,229,617 vehicles (Denatran, 2016), which represents almost 9% of the whole Brazilian fleet. It also means 1.45 people per each vehicle in the city. Sao Paulo's urban scenario has been moulded by individual car-priority policies with major roadworks, which Nakano (2015) classified as “roadway-ism” [rodoviarismo]. In this same vein, Rolnik (2014c) speculated that there would be half a city of garages underground. According to Rolnik (2014c), the historical pattern of vertical construction seen since the 1970s stimulated greatly the consumption of private cars by predicting too many car parking spaces in buildings.

2.1 Territorial structure of the metropolis

Santos (1993) described precarious living conditions and general habitability deterioration problems faced in large cities by conceptualizing the metropolitan involution phenomenon. Wide horizontal expansion of the metropolis turns out as a territorial structure that segregates the population spatially and socially (Santos, 1993). On one hand, the low-income population suffers from lack of infrastructure and urban services. On the other, social strata of middle and upper income isolate themselves in high-walled and gated communities, surveilled and accessible primarily by car. Peripheral urbanization spreads over protected areas in both ways: by substandard housing with no access to urban land market, and by upscale developments, fleeing

the violent city (Santos, 1993; Bonduki, 2012). According to Samora (2012), in 2000, 57% of Sao Paulo's people lived in suburban districts, of which 30% in slums. In 2007, almost 20% of empty homes in the city were located in central districts (Samora, 2012). The data show that while downtown and former quarters lose population, land outside the city reproduces rapidly, not only in Great São Paulo, but also in Brazilian inland medium-sized cities (Pescatori, 2014). Thus repeating a waste-resource and polluter paradigm, which degrades quality of life in cities (Acselrad, 1999) by minimizing public space importance.

2.2 Mobility challenges in Sao Paulo

Several authors (Scaringella, 2001; Rolnik, 2011; Maricato, 2012; Bonduki, 2012; Nakano, 2015) point out poor conditions of mobility as main social and urban problems. Inefficient public transport systems together with prioritization of individual motorized transport for the daily commute aggravate problems associated to long distances between housing and employment. The twentieth century in Sao Paulo began with a paradoxical housing growth in the extreme east, while jobs were offered primarily in the southwest quadrant of the city (Scaringella, 2001). Radiocentric highways organize an urban structure which generates intense flows of people and vehicles on pendulum dynamics among central and peripheral areas (Nakano, 2015). Therefore, morphological "roadway-ism" practiced for decades as city planning has resulted not only in dispersed residential fragments but also in progressive concentration of jobs and services on inarticulated urban centralities. Commute occurs mostly within an extent of 2.5 thousand kilometers of roads, while town encompasses over 14 thousand kilometers of roads. This excessive path convergence results in slow or congested traffic flow at specific times, which turns into urban imobility (Scaringella, 2001).

On this basis, Scaringella considers that the "root of the crisis" is the "divorce between land use policies, transport and transit" (Scaringella, 2001, p.56) and concurs with Nakano who states that "balancing spatial distribution of homes and workplaces is as important as investing in public transportation systems" (Nakano, 2015, p.267). There is broad agreement in literature that tackling the issue of mobility requires a systemic approach, with long-term vision, in technological, political and administrative spheres, with particular emphasis on achieving participatory management processes (Acselrad, 1999; Bonduki, 2012; Rolnik, 2014a; Pescatori, 2014; Orrico Filho, 2015; Nakano, 2015).

2.3 Mobility impacts on human health

Saldiva (2015) argues that urban policies should be focused on quality of life and health as the lack of urban mobility entails many negative impacts in population's health. First of all, people are more exposed to the ills caused by air pollution while stuck in traffic. Secondly, given the long duration of daily routes, people are subjected to long hours of inactivity, which affect physical and mental conditions. According to Saldiva (2015), obesity rate is lower when population adopts active transport such as walking, cycling or even taking buses and subways. In Sao Paulo, for instance, mass transit users walk an average 1 to 3 kilometers a day (Saldiva, 2015). Saldiva (2015) highlights many dangers of exposure to air pollution, starting from its relation to cardiorespiratory system disease rates. There are also many risks to pregnancy as mothers exposed to polluted air can develop hormonal disorders. Babies also may suffer from difficulties related to weight gain or compromised pulmonary development (Saldiva, 2015). Air pollution is

also one of the main causes of increased mortality due to temperature rise because it contributes directly to the formation of heat islands in urban environment (Saldiva, 2015).

3. URBAN SUSTAINABILITY

3.1 Socio-environmental Justice

As stated above, understanding sustainable mobility is way beyond management of transport systems, especially in emerging economies' large cities. In these contexts, there are structural issues that need to be worked out such as the democratization of urban space consumption (Orrico Filho, 2015). The sprawling city reflects a physical environment of dispersion added up with imbalances in environmental, social and economic terms in urban space production (Acselrad, 1999). Building a more sustainable Sao Paulo requires a profound change in city's historical matrix of urbanization. To promote environmental justice is to act against unequal qualification of public spaces (Acselrad, 2002; Bonduki, 2012; Nakano, 2015). Socio-environmental justice implies inter-sectoral set of public policies and financial investments focused on dignity of human person (Ferreira and Ferrara, 2015). The emergence of the environmental justice concept was described by Acselrad (2002) as the spatial imposition of unequal vulnerability to environmental risks and power over land. More than that, it was identified as institutional practice of governments, in clear alignment with market pressures in contrast to fragile minorities not conscious of their condition (Acselrad, 2002).

3.2 Sustainable mobility and compact city

Addressing the issue of mobility involves issues much greater than urban design of transportation networks. Sustainable urban mobility policy is invariably articulated to all sectors affecting the occupation and use of land (Orrico Filho, 2015). A city's mobility system is composed of several transportation systems that are interrelated, so that specific and disjointed investments contribute little to resolve a general crisis. Embracing the notion of socio- environmental justice outlined above, the concept of the compact city has been under consideration by several authors such as Henri Acselrad, Marta Romero and Frederick Holand as a possible strategy to keep back urban sprawl (Pescatori, 2014).

In the 1960s, Jane Jacobs wrote in defense of urban density intensification, as opposition to modernist renovations and suburbanization and as a start for further formulations on urban compaction. Jacobs also recommended the diversification of uses, size limitation of urbanized areas and claimed for formal cohesion to the cities, pedestrian scale urban design and humanization of urban environments (Jacobs, 2000). In the following decade, discussions on urban densification and its relation to sustainability emerged, aiming smarter ways in using natural resources. There are multiple benefits by the increase in built area and population densities in the consolidated neighborhoods, as they save new territories from being occupied. This practice aids agricultural and natural areas preservation. Thus, concentrating urban functions showed up as a way to more sustainable urban environment.

Agenda 21 (United Nations, 1992) condemned the excessive urban expansion and recognized it as a result of urban land speculation. Compact urban forms are based on environmentalism and are motivated by the costly pattern of consumption and production of low-density urban areas, especially the suburbs of the United States and Europe. Sao Paulo city's low population density of

7398.26 inhabitants per km² suggests that mobility issues amendments may begin with better allocation of housing. Precariousness in transport systems, housing and urban infrastructure in distant neighborhoods suffer also from inefficient governments in preventing environmental disasters.

To compact means to densify but cannot be restricted to its pure definition. In contemporary discussions, it is understood as a sustainable urban design solutions set to tackle environmental problems. Facing urban sprawl requires a purposeful attitude to design and implement new forms of urban development. Thus, the literature on the compact city suggests direct urban design and strategies for practical problem solving for different sectorial spheres in contemporary cities (Pescatori, 2014). In a pragmatic way, the compact city offers space occupancy response to major issues of contemporary urban planning such as environmental degradation, fuel consumption and greenhouse gas emissions, urban mobility, social and spatial exclusion and public space decay (Acselrad, 1999; Pescatori, 2014; Bonduki, 2012; Orrico Filho, 2015).

4. THE URBAN PLANNING INSTRUMENTS

4.1 Methodology

The Strategic Master Plan (SMP) is the main municipal urban planning instrument in Brazil. From here, we will examine São Paulo's 2002 SMP, as well as its subsequent review, which is the current SMP, in force since 2014. Literature review provided the fundamental concepts that sustain our comparative analysis of past and present Master Plans. Several authors guided this research to address the mobility issue by metropolitan perspective, instead of a city-confined matter. Moreover, theoretical basis pointed to planning and production of buildings and urban space as a social processes, directing attention to interactions between the people and the legal planning instruments. Prior to the analysis of Master Plans, here we present the City Statute, Brazilian national legal instrument that regulates all SMPs. Then, Sao Paulo's 2002 and 2014 SMPs are briefly described in their ways in dealing with land access and use, transportation, and public policy oriented to urban mobility. The analysis that follows was based on the compact city concept as a link between sustainable urban space and population density. Together with land use diversity, some influencing factors over restructuring Sao Paulo's territory seemed to be inspired by compact city urban design strategies. Finally, the article evaluates the progress of the Master Plans over time and points out a broader meaning for metropolitan sustainable mobility.

4.2 The City Statute (Law no. 10,257 of July 10, 2001)

Brazilian Urban Reform Movement that has taken place since the 1960s in the struggle for urban planning based on social justice ideals. In 58 articles, the City Statute approval set important achievement due to pressures from the Urban Reform Movement on public policies and politicians. City Statute nationally regulates a number of urban planning instruments, and operationalizes the application of two articles on urban policy (Art. 182 and 183) of the 1988 Constitution. These laws obliged all Brazilian cities with more than twenty thousand inhabitants to elaborate a Strategic Master Plan (SMP) and enforce it as a basic instrument of municipal urban development policy. Above all, they established parameters for social use of urban land and regulation of environmental concerns to urban space. A SMP presents the guiding principles related to economic and social development within the city, covering key aspects such as transport, sanitation, housing, education, among others (Brasil, 2001).

4.3 Strategic Master Plan 2002 (Law no. 13,430 of September 13, 2002)

The plan proposes a number of important principles in which social justice is highlighted: it points out the necessity of reducing social and regional inequalities, equal right to the city for all, including the access to urban land, housing, environmental sanitation, urban infrastructure, transportation, public services, work and leisure (São Paulo, 2002). It also stands out for universalization in mobility and accessibility; priority to public mass transit; preservation and restoration of the natural environment and participation of the population in decision-making, planning and management. Weakness resides on its too general guidelines, objectives and concepts articulated on 308 articles (São Paulo, 2002). No less than 338 Strategic Actions, showing lack of objectivity, expose the excessive generality of this law. While Plan and Law for Land Use Control and for Regional Plans were included, Villaça (2005) stated that Housing Plans, Road Traffic and Transport have become “mere attachments”.

This plan demonstrated some concern for mobility and restoration of the environment. Article 9 addresses development of social functions on urban land towards socially just and ecologically balanced and diversified territory to ensure the equitable welfare of its inhabitants by items: IV - the reduction of displacement between the housing and labor, supplies, education and leisure and VI - the preservation, protection and restoration of the environment and urban landscape. This last item interacts with Article 10 in Section II stating the rational use of natural resources to ensure a sustainable town, socially, economically and environmentally, for present and future generations. It vaguely seeks to stimulate densification along Collective Public Transportation Structural Network by intensifying and varying land use around it and the so called Tertiary Poles, which are Poles of Centralities and Axes between them (São Paulo, 2002).

In short, the vision of Sao Paulo's 2002 SMP was considered positive, but too optimistic or idealistic compared to its application (Villaça, 2005). Although there were placed social and economic thoughts, the text actually restricted itself to control urban zoning, of which implementation occurred only through the Use and Land Occupation Law (Law 13,885/2004).

4.4 Strategic Master Plan 2014 (Law no. 16050 of July 31, 2014)

As in the previous SMP, this text also begins with the explanation of the scope of the concepts, principles and objectives of the law. Sao Paulo's 2014 SMP is based on the fundamentals set out in the Federal Constitution, the City Statute and the Organic Law of São Paulo Municipality. Among the principles and objectives contained in it, Chapter V - Policy and Mobility System reserves a number of sections (Section I to Section VIII) that deal with objectives and guidelines to various city planned mobility systems. It describes pedestrian circulation system with universal accessibility, road system, public and private transportation systems, cycling and car sharing systems (São Paulo, 2014, pp. 139-152). The guidelines seek to optimize urban mobility through integration and coordination between various modes of transport, discouraging individual transportation by limiting park spaces. It also encourages expansion of mass transit network and non-motorized transport systems considered less polluting, such as cycling and walking. It aims to introduce new components to urban mobility system, like logistics system, water transport and car sharing, in order to widen the means of transport and their efficiency, seeking to produce a balanced environment. To reduce the individual motorized commuting in long term, it combines average transportation network to high capacity Axes, foreseeing spaces to consolidate jobs and housing in so called Structuring Axes of Urban Transformation. Article 6 guideline III presents Urban Development Policy to direct the distribution of land uses and use intensities in a balanced

manner, in clear effort to avoid idleness or overload in relation to the available infrastructure, transport and the environment, and to better allocate public and private investments. It encourages a planned population density, in order to guide the growth of the city in close proximity to mass transit, balancing jobs and housing within the city and thus reducing time and distance in daily transits. Territorial ordering plan also limits car park spaces in commercial and residential buildings as well as buildings heights. It shows clear effort to avoid excessive car fleet in regions supplied with mass means of transportation.

5. ANALYSIS AND RESULTS

From 2012 to 2014 there was a discussion to recast the Sao Paulo's 2002 SMP. This revision process produced a set of discussions within society and public authorities about production of city space, pointing paths of hope for more democratically decision-making procedures in the future. The participation of commons made explicit the political conflict of collective interests and real estate market logics that has tremendously influenced public urban policies in Brazil.

5.1 Innovations from 2002 to 2014 SMPs

Both plans show concern for structuring a network to public mass transportation associated with population density. The difference lies in the articulation with different transport modalities that current master plan seeks to promote, influencing the relations of people to public spaces and to the city in general. 2014 SMP also recognizes best that building a more balanced city goes by the reversal of the current mobility model, in which the use of private cars takes a big part.

- I. **Building potential and densification:** Constructive logic defined for vertical developments, proposed greater building density in collective transport axes mass and less in the inside of the neighborhoods, including specific urban design. Vertical building construction guidelines stimulate less isolation to sidewalk and more interaction between public and private spaces. Thus, the first constructive contribution is to embed other potential uses to ground and first floors, encouraging mixed-use buildings. This is also effective to decrease the walled perimeter in pedestrian level. This strategy is called the Active Façade use (São Paulo, 2014).
- II. **Land policy:** Another significant advance in 2014 SMP are the proposals for social and urban inclusion of low-income population in central well-structured underused urban areas. For this, there are two mechanisms: the so-called Special Social Interest Zones (ZEIS) are reserved urban areas to be occupied by social housing land policy and the Solidarity Quotas, which is a certain percentage of apartment units in vertical new enterprises located on strategic urban areas that are supposed to be destined to low-income families. Rolnik (2014c) states that both legal instruments of well-located land reserve for social housing in the city is positive to urban life. It increases the possibility of access to consolidated urban land for social interest housing with the expansion and improvement of ZEIS that the 2002 SMP tried to establish back then. The institution of solidarity dimension adds to the building production some effort of social housing in valuable areas. Unfortunately, the plan has eased the guidelines from its original text towards real estate market intentions, which diverges from miscegenating classes in new ventures.

- III. Popular participatory process:** Pressures from various movements for housing and their active participation in reviewing 2002 SMP have turned the decision-making process of 2014 SMP into a more public process. The increase of popular participation during time has induced further discussion on land access and housing matters, which Rolnik (2014b) characterized as "perimeters war zones and destinations." In this context, there is room for deconstruction of the argument that these movements wish to put forward in the registration queue for housing programs, since the resources allocated to entities not compete with the allocation of funds to contractors or private housing financiers. The participatory process involved different sectors of civil society and the local government, with public and virtual discussions. Positively, it legitimized the decision-making process and strengthened democracy. Hopefully, improvements in informing, consulting and listening to city's population will deepen in the following SMP.
- IV. Encouraging non-motorized transport modes:** The Municipal Urban Mobility Plan emphasizes the pedestrian and bicycle mobility by implementing bike lanes and sidewalks reform in strategic areas. It also reinforces the need for more signage and lighting to increase public safety in pathways. Nakano (2015) calls our attention to the fact that from 2007 to 2013 there was an increase in use of public mass transport (especially subway) and non-motorized transports by upper classes, who live nearby better mobility infrastructure. On the other hand, use of motorcycles and cars has risen among lower classes, whose homes keep spreading away from urban centralities.

5.2 The gap between theory and practice

The main fragility found in SMP 2014 is to treat sustainability and mobility at city level, instead of metropolitan level. Rolnik (2014) illustrates this by pointing out the absence of specific guidelines for very important urban axis Tietê, Pinheiros, Jacu Pêssego, a stretch known as Metropolitan Structuring Macro Area. The axis in question consists of big avenues and highways that lead to Sao Paulo's downtown. It is home to water flood river areas and rail edges and have no structure linked neither to the collective mass transportation nor to Special Zones of Social Interest. Inclusive public policies are necessary, but face enormous difficulties of implementation and the lack of specific guidelines for the axis leaves it vulnerable to exploitative land market practices far away from social responsibility. By reading several authors (Nakano, 2015; Rolnik, 2014; Bonduki, 2012; Samora, 2012) we observed that real estate contractors and their ingrown shareholders are very closely related to Brazilian cities' government and management. Logically, Sao Paulo is not at all free from political and financial pressures in order to produce an exclusive city, made for the few who can pay to use their spaces and services.

Sectors of the organized civil society presented themselves in the public debate for reviewing Sao Paulo's 2002 SMP to press City Council for the yet not held Urban Reform. Besides historical procedure, misrepresented use of legal mechanisms for urban regeneration and integration of social interest residences into consolidated areas in the city of Sao Paulo as identified by Samora (2012) and Bonduki (2012) might have motivated such popular participation in their studies. Together with Rolnik (2014c) the authors agree that social mobilization in defense of more inclusive city was crucial in that moment to restrain political subordination to real estate capital. Social struggles have arisen many times against the urban inequality scenario of Brazilian cities. Although still open to improvements, the popular participatory revision process gave people a legitimate resistance tool to private appropriation of public investments and collective urban improvements that grant real estate valuation. So Maricato (2011) and Rolnik (2014c) agree that

a positive aspect was the strengthening of popular participation in the reflections on the city and urban planning in all its stages, as they contribute to concrete progress in the exercise of democracy.

6. CONCLUSIONS

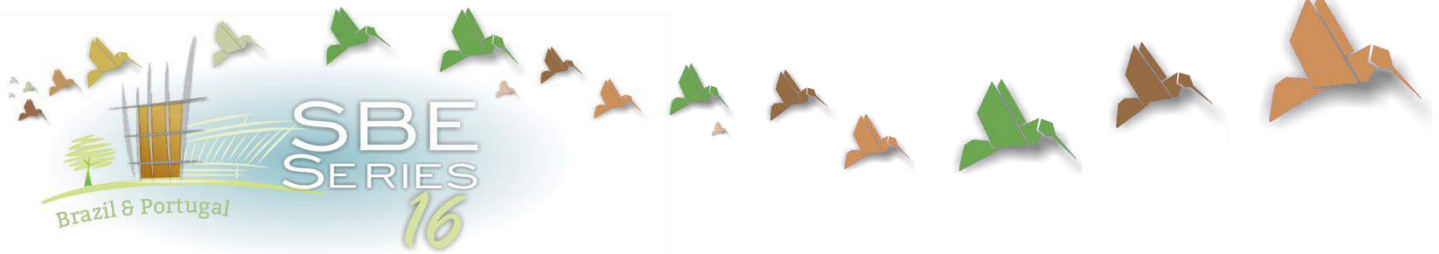
Although Master Plans represent a breakthrough for urban planning and building of Brazilian cities, there are still delays or distortion in implementing measures provided by law. To enforce the available urban planning laws is a challenge related mainly to urban management. Capital power and financial elites generally submits political practice in Brazilian cities. This implies weak or altered applications of the urban legislation. Sao Paulo faces enormous inequality among the social forces involved in the production of its urban territory. This paper evaluates that popular involvement in the formulation of 2014 PDE was a first step for constituting spaces of mediation between government, civil society and the capital. Many authors agreed that participatory decision-making policies are crucial to formulate a true democratic city project, responsive to social and environmental issues. Thus, to plan and to produce urban space results from social processes, collectively developing ways to demand and supervise public policies that are closer to social and environmental justice.

The emphasis on "roadway-ism" and inequality in access to land (especially for housing purposes) imposes structural problems in urban space, directly interfering in people's mobility. In search for urban sustainability based on social and environmental justice, compact city design concepts appear in Sao Paulo's 2014 SMP. Therefore addressing the challenges of mobility in Sao Paulo together with densification and land use diversification. It is though very important to note that urban mobility crisis is part of a structural problem that surpasses the municipal field of action and requires metropolitan planning effort. In this sense, the PDE 2014 brought about a spatial structure that aims to increase density around some transport routes, but it disregarded metropolitan scale. Punctual and disjointed actions will not be enough to resolve mobility crisis or achieve urban sustainability, exactly because those are topics suited to systemic approach. Thus, full feasibility of the PDE is compromised by the formulation of an urban planning instrument that is restricted to municipal action. Therefore, we point out a need for a Statute of the Metropolis to achieve a sustainable city in Sao Paulo.

REFERENCES

- Acselrad, H. 2002. Justiça Ambiental e construção social do risco. *Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente* 5: 49-60.
- Acselrad, H. 1999. Discursos da Sustentabilidade Urbana. *Rev. Brasileira de Estudos Urbanos Regionais*: 1.
- Brasil. 2001. Estatuto da Cidade: Lei 10.257/2001. In: Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília: Senado, DF, 1988.
- Bonduki, N. G. 2012. *Da reforma à sustentabilidade urbana: por um novo modelo de desenvolvimento para São Paulo*. In: Padovano, Bruno Roberto; Namur, Marly; Sala, Patrícia Bertacchini (Orgs.) São Paulo: em busca da sustentabilidade, São Paulo, 2012.
- Demographia. 2015. *Demographia World Urban Areas*. Disponível em: <<http://www.demographia.com/db-worldua.pdf>>. Acesso em: 27/05/2016.
- Ferreira, J.S.W.; Ferrara, L. 2015. *A formulação de uma nova matriz urbana no Brasil, baseada na justiça sócio-ambiental*, In: NUNES, T; SANTA ROSA, J.; MORAES, R.F. Sustentabilidade urbana: impactos do

- desenvolvimento econômico e suas consequências sobre o processo de urbanização nos países emergentes. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. V.3.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). *População estimada 2015. Cidades. São Paulo. São Paulo*. Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/493>>. Acesso em: 27/05/2016.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). *Estimativas da População dos municípios brasileiros com data de referência em 1 de julho de 2014*. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/pdf/analise_estimativas_2014.pdf>. Acesso em: 27/05/2016.
- Jacobs, J. 2000. *Morte e vida de grandes cidades*. Martins Fontes.
- Maricato, E. 2012. *O futuro da metrópole periférica global*. Texto para discussão para II Lehmann Dialogues, Harvard.
- Nakano, K. 2015. A crise da mobilidade urbana na Região Metropolitana de São Paulo. In Suzana Pasternak, *SÃO PAULO: transformações na ordem urbana*:263-295. São Paulo.
- Orrico Filho, R. 2015. Textos para as discussões da Rio+20. Mobilidade Urbana Sustentável: Questões do Porvir. In Orrico Filho, Rômulo et al. *Sustentabilidade urbana: impactos do desenvolvimento econômico e suas consequências sobre o processo de urbanização em países emergentes*: 10-42. Brasília, 2015.
- Pescatori, C. 2014. *O paradigma da cidade compacta no debate urbanístico contemporâneo*. In VI Seminario Internacional de Investigación en Urbanismo, Barcelona-Bogotá, junio 2014.
- Rolnik, R. 2014a. *Por que aprovar o Plano Diretor já?* Folha de São Paulo, São Paulo. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/colunas/raquelrolnik/2014/05/1456456-por-que-aprovar-o-plano-diretor-ja.shtml>>. Acesso em: 10/05/2016.
- Rolnik, R. 2014b. *O novo e o velho no Plano Diretor*. Folha de São Paulo, São Paulo. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/colunas/raquelrolnik/2014/06/1478453-o-novo-e-o-velho-no-plano-diretor.shtml>>. Acesso em: 10/05/2016.
- Rolnik, R. 2014c. *“Em São Paulo há meia cidade no subsolo, formada só por garagens”*. El País Brasil, São Paulo. Disponível em: <http://brasil.elpais.com/brasil/2014/07/03/politica/1404388420_186257.html>. Acesso em: 10/05/2016. Entrevista concedida a Talita Bedinelli.
- Rolnik, R; Klintowitz, D. 2011. (Im) Mobility in the city of São Paulo. *Estudos Avançados*: 89-108, .
- Samora, P. R. 2012. *Misusing the City Statute in São Paulo: the Nova Luz urban renewal project*. *Sustainability City*: 405-416. Italy.
- Saldiva, P. 2016. *Por uma cidade mais saudável*. Revista FAPESP, São Paulo. Disponível em: <http://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2016/03/022-027_Entrevista-Saldiva_241.pdf?303b85>. Acesso em: 16/05/2016. Entrevista concedida a Carlos Fioravanti.
- Santos, M. 1993. *A urbanização brasileira*. São Paulo: Hucitec.
- São Paulo (cidade). 2002. *Plano Diretor Estratégico*. São Paulo: Prefeitura do Município de São Paulo.
- São Paulo (cidade). 2014. *Plano Diretor Estratégico*. São Paulo: Prefeitura do Município de São Paulo.
- Scaringella, R. S. 2001. *A crise da mobilidade urbana em São Paulo*: 55-59. São Paulo.
- UN-Habitat. 2015. *Habitat III Policy Paper. Urban Ecology and Resilience*. Disponível em: <<https://www.habitat3.org/bitcache/fce5dc92499adfc305c6b0053c14f07d764480?vid=572977&disposition=inline&op=view>>. Acesso em 26 mar 2016.
- Villaça, F. 2005. *As ilusões do plano diretor*. Disponível em: <http://www.flaviovillaça.arq.br/pdf/ilusao_pd.pdf>. Acesso em: 14/03/2016.



Sensitive approach to slum upgrading process: The case of Vale dos Guedes

Laura Santos Granja

Undergraduate student, Federal University of Juiz de Fora, Juiz de Fora (MG), Brazil
lauragranja@icloud.com

Letícia Maria de Araújo Zambrano

Faculty of Architecture and Urban Planning, Federal University of Juiz de Fora, Juiz de Fora (MG), Brazil
zambranoleticia@gmail.com

ABSTRACT: The article presents the methodology and results of a study that developed guidelines for a sustainable urban requalification proposal to the settlement called Vale dos Guedes, located in Juiz de Fora - MG. The idea has its origin in questions about the way the slum upgrading process has been conducted in Brazil. We started with the assumption that the process of gathering information to the project is generally based on technical issues, while the opinions and perceptions of residents are left on the background. Therefore, this study emphasizes the work on sensitive aspects of the diagnostic process for an urban intervention project, crossing the opinions of local residents with the technical survey, also required to obtain a more complete diagnostic of the environment. That way we can get a more socially sustainable urban planning. In a first moment, we have a historical context of the squatter settlements in Brazil and theoretical studies on sensitive and technical approaches that must be held for requalification projects. Then, the context of the city of Juiz de Fora was studied, focusing on the settlement Vale dos Guedes, and a field research was conducted, which have resulted on the development of projective guidelines.

Keywords *Sensitive approach. Urban requalification. Squatter settlements.*

1. INTRODUCTION

The disorderly process of urban space occupation has produced degraded environments, which are unfavorable to good quality of life of its inhabitants. These places, called at this work squatter settlements, have high environmental, spatial and/or social fragility. The squatter settlements are spaces occupied by poor housing without the need to specify the occupation situation (Marques *et al.*, 2007).

In such cases, where the citizens themselves are not able to afford the costs of access to formal housing market, full of spoliation and inequality, it is important and necessary that the city hall, State or Federation guarantee the right of these people. This right is foreseen, in the Brazilian context, through the City Statute (Brasil, 2001), which brings the claim that groups and people in vulnerable situations should have access to social rights such as housing, leisure, security, assistance to the destitute, among others, in addition to being established that the property must meet its social function.

The urban renewal projects in such communities seek to meet these rights. These are complex interventions because requalifying an area consists not only on ordering the space, but should aim to best meet the needs of its users, so that those users are subject considered in the process. Such thinking is unfortunately not yet as widespread in practice, marked by rationalist and progressive ideology that does not consider the historical, psychological, social and cultural values of space in the interdisciplinary perspective (Kashiwagi, 2004).

Urban requalification is set to be an intervention in the city that objective physical recovery and social development of poor regions in infrastructure, services and public facilities, ensuring improved quality of the environment and of life. Such interventions should be based on pre-existences, culture, and sustainable development . The importance of the requalification of these regions is the intention to reduce the socio-spatial inequalities present in the city (Camarinhas, s.d.).

Thus, this study intended to promote a debate on the need for a sensitive approach to perception of space in squatter settlements, in order to capture the perception of the residents, and how this qualitative analysis can contribute to the design process of urban requalification of these areas. The object of the study was the city of Juiz de Fora, specifically the settlement called Vale dos Guedes, located in Granjas Bethania neighborhood, in the northeast of the city.

2. SQUATTER SETTLEMENTS IN BRAZIL

Historically, urban planning in Brazil is disconnect to social reality and place, by not recognizing the informal and precarious city and look only to the formal city (Arantes; Vainer & Maricato, 2002).

The urban requalification projects aiming social and spatial inclusion to squatter settlements are a new fact in Brazil. Until the 1980s three government positions can be highlighted in relation to these spaces. The first one was simply to ignore the phenomenon, without being provided any interventions. The second followed the line of "sanitization" and defended the eradication or removal of such settlements. The third and last, which prevails to the present day, assumes that urban improvements are necessary, justified by

factors that configure risk situations such as floods, landslides and other problems arising from environmental insecurity and lack of infrastructure (Carneiro *et al.*, 2010).

From the 80s on, in a context of redemocratisation, the country began to have a higher recognition of precarious and informal occupations by the government, which led to an increase of urban requalification projects (Carneiro *et al.*, 2010).

2.1 The Juiz de Fora context

The city of Juiz de Fora went exactly through this process described above, but the idea of regularization came a little later. Only in the second half of the 1980s the practice of removals was no longer preponderant, and the alternative of regularization of land and housing started to happen. However, in the late 1990s, the housing deficit was still one of the largest municipal problems, and interventions came in a shy way and in isolated spots, without regard to total demand and without a study and specific consideration to each area and its population (Abreu, 2010).

In the city of Juiz de Fora, the last Master Plan, from 2000, recognized 87 areas of special social interest (AEIS), which are generally areas of slum or irregular allotment (Juiz de Fora, 2004). In addition to these areas, the Municipal Housing Plan (Juiz de Fora, 2007a) pointed out more 57 areas, totalizing then 144 areas. These numbers, however, should be re-analyzed by the review of the Master Plan of Juiz de Fora, in progress in the year of this research (2016), and the revision of the Municipal Housing Plan.

3. THE SENSITIVE APPROACH

There is a high complexity on intervening in the squatter settlements. For the success of this process it is necessary to know very well the social phenomenon before taking any action. A project carried out from non-solid foundation of knowledge can lead to inefficiency of urban requalification, generating several consequences as the emergence of new focuses of violence, the inappropriate use of spaces and places, among others. Thus, between rights and wrongs, the government began to realize the need for an interdisciplinary study before any intervention (Kashiwagi, 2004).

This more holistic approach to the process, which involves from the understanding and analysing the relationship between the individual and the space to the architectural design conception, is what we call in this research sensitive approach, conducted from the perception of the residents. Perception analyzed here under the definition of Norberg-Schulz (2006), which is conceived as the ability to give meaning to the environment through the creation of specific places.

According to Nass (2002), such public participation during the design process of requalification of the squatter settlements is the most effective policy to ensure the well-being of the residents and effectiveness of urban investment.

The basis of such a sensitive approach is in the Phenomenology, which, according to Merleau-Ponty (1994), is a philosophy that studies the essence of existence, trying to understand the man and the world from its phenomenon (or facts). Seeking the essence of the world is not to seek what it is in idea, but to seek what in fact it is for us. The essences are produced meanings, that is, perception, thought, memory, imagination, that make a universal character, subjective and absolute (Kashiwagi, 2004). Within this philosophy, the effort is to find the naive contact with the world, so reporting the world lived through a direct description of the experience as it is (Merleau-Ponty, 1994).

The search for the understanding of this contact with the world is carried out through the sensitive approach methods, which are quite subjective, highlighting the importance of the

places, the experimentation, the meanings and representations. The phenomenological perspective comes, in this aspect, to solve the problem between subjectivity and objectivity within these methods. That is, the phenomenological perspective, according to Merleau-Ponty (1994), states that there is rationality in so far as perceptions are confronted and confirmed.

The reading of the space through the experience shows the value of man as subject, from the moment that seeks the relationship of space as physical unit and human behavior within it. Thus, the reading of space through experience allows us to understand what is perceived by the inhabitants and users, perceptions that were built on cognitive, affective and symbolic foundations of the place (Kashiwagi, 2004).

3.1 Evaluation methods

The evaluation methods within the sensitive approach aims to identify the most important architectural, urban and landscape references of the study area, consolidating itself from the perception of the residents of the settlement, as well as the significance of the place and the feeling of belonging which establishes the primordial relationship between resident and space.

3.1.1. *In Loco* observations

To observe the social practices present in space helps in collecting information about their activities, about how they use and appropriate space and on the regularities that such behaviors occur (Reis & Lay, 1995). Thus, visits are made in order to understand the place and get impressions or technical note data.

3.1.2. Mind map

The vision of the places and situations that man lives in an environment are specific to each individual, and the representation of this perceived world is in symbols, in the image. In the perception of the environment almost all the senses are in operation, and the image is a combination of all of them. Each user creates their own images of a place, but since these users are groups, it is common to create substantial consensus. This group of images is of interest to urban planners, since the environment to be worked will be used by many people (Lynch, 2011).

To uncover these images, Kevin Lynch began to use the instrument of mind maps. This methodological tool is geared to understanding the urban visual form. The main concept is the "legibility", that is, visual quality, identifying the particularities of the territory (Teixeira, 2001). The mind maps can be characterized as spatial images that are in the minds of people.

To capture such images, it is asked to research participants to represent the area under study through drawing, and if it is necessary with the help of writing (or speaking), highlighting one or more elements which he/her considers important in the community. Participants are left free in the choice of which to represent, so that the researcher can understand the true picture that each participant built, and later, through an analysis of all the images, identify consensus among participants.

3.1.3. Commented routes

This method, developed by the French sociologist Jean-Paul Thibaud, aims to qualify the environments of a place through the perception that users have of it, enhancing the action

of the person in a certain ambience. This is relevant since the place is considered inseparable from its power of orientation and expression, which has a unique meaning to its users (Cohen, 2006). To achieve this goal, the author presents the perception route, so that sensitive characteristics of the place can be apprehended. The act of walking through certain location awakens the senses and sensations that make people respond to the world perceived and to the lived world, incorporating in space experiments and influences of previous experiences. Along the way contexts, situations, perspectives, cultures, strategies and ways of acting and interacting are considered (Ongaro, 2015).

During the way, users presents the place to the researcher, describing situations faced at the walk and lived situations, experiences that create memories and consequently the sense of ownership. The start point of the way is defined by the researcher or by circumstances, and the resident himself defines the end point. By requirement of the method, the route should be part of the routine of the interviewed. During the walk the user is free to do interventions and stops while the researcher must intervene the least. At the end of the route some informal questions can be held for better understanding of the perceptions and situations found (Ongaro, 2015).

3.1.4. Interview

To better understand the significance of space for the resident, their strengths and weaknesses, it is important to complement the analysis with an interview, where the resident expresses her/his thoughts freely.

4. THE TECHNICAL APPROACH

The slum upgrading projects have the social bias but, just as important, is the technical quality of the intervention, as well as the adjustments of the legal limitations, urban and financial issues.

Solve the illegality involves identifying its irregularities. While urbanization and requalification programs have their focus on the physical adequacy of the necessary systems, legalization programs will promote legal adequacy of the earth, making it able to receive the benefits of the proposed intervention in urban project (Ferreira, 2006).

Some regulators of the urban space are the laws of use and occupation of land, municipal plans, and various rules and guidelines for the production of projects. On the City Statute (Brasil, 2001), various instruments were made possible to enable the actions in the urban territory.

5. OBJECT OF STUDY: VALE DOS GUEDES

Located in the northeast of Juiz de Fora, more precisely in the neighborhood Granjas Betânia, Vale dos Guedes (Figure 1) has a total area of 52,493.13 m². Of this total, 16,208.13 m² are located in the public area, and 36,258 m² are in particular area, registered on 24. February of 1970 (Juiz de Fora, 2011; Juiz de Fora, 2007b).

According to one participant of the research, which claims to have been the second resident to invade the area in 1971, Vale dos Guedes had only one "rail", that is, a narrow passageway of access for residents. Subsequent to the first occupations, many other

families came to occupy the settlement, so that in June of 2006 there were registered 61 occupations.

The high concentration of poverty and total absence of urbanization and land irregularity, make the Vale dos Guedes to be considered, according to the Social Atlas of Juiz de Fora (Tavares, 2006 *apud* Juiz de Fora, 2007b), one of 11 micro areas of social exclusion in group I. This group covers the areas of complete social exclusion and priority seating in the full urbanization and integrated social policy programs.



Figure 1: Vale dos Guedes. Source: Personal Archive

5.1 Field research

The research was structured in two stages. First was performed a technical survey of both the surrounding area and the area under study and then sensitive methods of approach in the residents of the settlement were applied.

The gathering of technical data was made through surveys along the sectors of municipal administration and through on-site observations conducted by the researcher. The information was then compiled into maps, and analyzed, which contributed to a first look at the settlement, allowing the elaboration of a list of problems and potentials. This list was systematized in a framework of analysis, from which the main problems were highlighted in order to guide action strategies.

The most serious problems encountered on Vale dos Guedes, found in this step, are caused by the total lack of infrastructure in the area, such as lack of sanitation, piped water supply, electricity network, paving, street lighting and proper drainage. Moreover, the situation is aggravated, as the area is considered high risk, with land subjected to landslides.

The situation of the population, in respect to the legitimacy of the ground, is also problematic, since none of the families has ownership of the possession or ownership of the occupied lands. This factor hinders their access to basic services.

Despite all of the problems identified, the area also has some potential, such as the existing route, which was done by the residents according to their own needs. The route follows the topography and can be a reference for future urbanization project. Beyond that, the area has a view to the forest of the army, which, as a conservation area, ensures the occupants a visual landscape and close contact to nature.

In parallel, the sensitive survey was conducted, which was initiated by the application of the interview, as a way to the resident to get to know the researcher and feel more comfortable with the conversation. This was followed with the application of mind maps, a method that found more resistance to being performed, since it involved drawing and consequently the fear of making mistakes and to express themselves through this unconventional way. The survey was then completed with commented routes, which led the researcher to better understand the reality of which the locals referred. All methods applied were recorded, transcribed, and systematized in tables and graphs, in order to enable the researcher to characterize the needs of residents, as well as the potentials and problems that the users see in their environment.

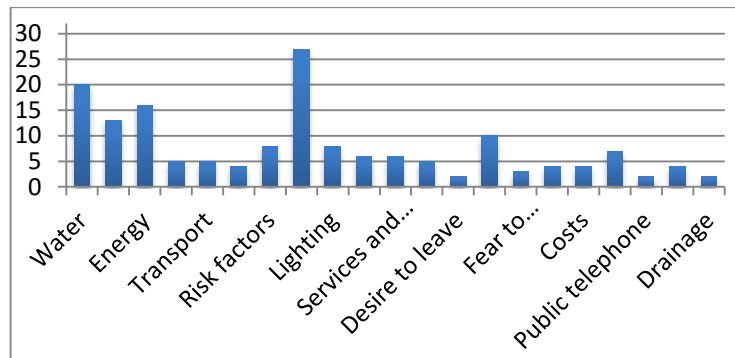


Figure 2: Visual expression of the sensitive diagnostic. Source: Prepared by the author.

The graph displayed above (Figure 2) systematizes the main topics discussed in sensitive methods, although they are not quantitative methods, they show, by the frequency of the listed facts, the gravity and importance of the problems mentioned among the inhabitants.

It is possible to diagnose that the main problems, as seen in technical analysis, are connected to the lack of infrastructure.

Rainy season here is very difficult... very. We are afraid to get sick know... you don't know when you are going to get sick... No one has a car. If I call 911 it doesn't come. Just like happened... the woman was on fire, so we called 911. The rescue came, but it couldn't arrive the house... She was inside it... I had to search her there and bring her back here. I turned the fan on her... The rescue left the car there and came... she was already practically dead. (RESIDENT 3, in reporting to the researcher).

In addition to these basic problems, there are others that deserve attention, such as the lack of services and leisure areas, the absence of a square and a community center, and the legal issues regarding the ownership of the land tenure, as shown in the report below.

I think an address is important in the life of a person. Where do you live? I cannot give an address to get my mail. I have to give an address from the street above. (...) Even living here for so many years, you cannot have an address. That is one thing that bothers me, you know? Because this place is almost non-existent in the society as a whole, you understand? (RESIDENT 6, in reporting to the researcher).

Therefore, in possession of a technical and a sensitive diagnosis, the results obtained in each of them were crossed, in order to have a general look at all the issues.

Thus, a table was developed to enable the quick view of each aspect containing the technical and residents observations, as well as proposals for possible specific actions that

would serve as the basis for the definition of projective guidelines for the area. In order to place the main observations in the physical space of the settlement, an array of discoveries was prepared (Figure 3).

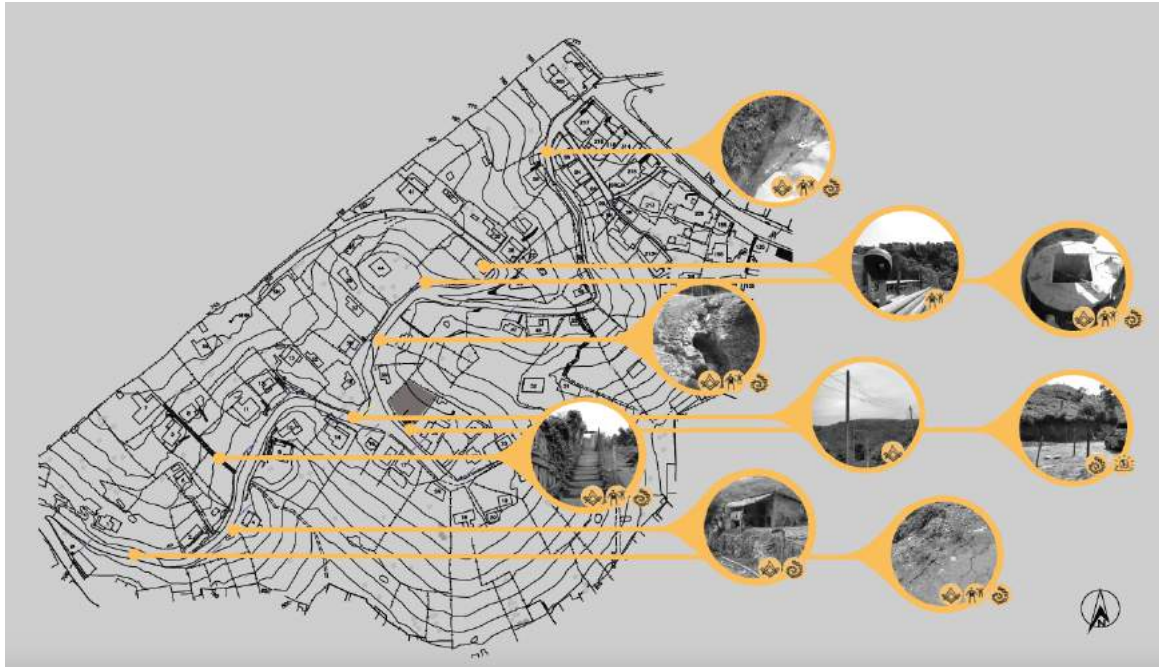


Figure 3: Cross analysis. Source: Prepared by the author.

This figure shows and illustrates problems like lack of paving, erosions, water wells, informal electrical wiring, stairs, irregular contentions of slopes, and the land designated for the construction of a community center. It shows also the methods in which each of the findings was made, the setsquare represents the technical approach, the people represent the interviews, the snail represents the commented rout and the sun represents the mind map.

5.2 Projective guidelines

Targeted the area and the inhabitants needs, eighteen projective guidelines for Vale dos Guedes, in response to the problems found, were prepared, as follows:

- Land divisions project;
- Project for slope retention works;
- Project for public roads;
- Storm drainage system design;
- Project for urban furniture;
- Grid project sanitary sewage;
- Grid project of water supply;
- Grid project of electric power;
- Public lighting network design;
- Project for installation of phone lines;
- Suggestions of alternative means of waste disposal;
- Intervention plan for the removal and relocation of families;

- Specification of the necessary urbanistic tools to enable the regularization of land tenure to the residents;
- Leisure area;
- Community Center;
- Suggestions for rainwater harvesting systems;
- Location for construction of pharmacy in the surrounding areas;
- Improvement project of bus stops in the neighborhood.

6. CONCLUSION

This paper presented as objective to present the development for a requalification proposal to the Vale dos Guedes, based on a holist approach. All the steps developed and presented here were important to achieve the searched look, a sensitive look, driven by the perceptions of those who live in such settlements, crossed with the technical issues, also needed to a good urban design. The guidelines achieved at this diagnostic phase were essential for the development of an urban project, conducted after this research, which has not lost the participatory focus along the projective decisions.

In face with all the above, we can ask ourselves how far the requalification projects of squatter settlements, within the field of Architecture and Urbanism, can be a vehicle for social transformation. Insofar as further research and analysis focused on the perception of the residents and on the sensitive field are developed, the objective of social inclusion on these projects will be increased. However, when it comes to practice, effective actions depend on strong political will.

Even with all the obstacles still to be overcome, small actions and projects like this can show hope in a more equitable and sustainable society.

REFERENCES

- Abreu, C. S. 2010. Favelas em Juiz de Fora: a ocultação do fenômeno. *Libertas* 4: 146–170. Available at: <<http://libertas.ufjf.emnuvens.com.br/libertas/article/download/1866/1315>>. Accessed: 20 nov. 2015.
- Arantes, O.; Vainer, C. & Maricato, E. 2002. *A cidade do pensamento único: desmanchando consensos*. Petrópolis: Vozes, 1-192. Available at: <http://www.ub.edu/escult/doctorat/html/lecturas/a_ciudade_do_pensamento_unico.pdf>. .8532623840. Accessed: 05 dez. 2015.
- Brasil. 2001. Estatuto da Cidade. Lei Nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil* de 11.7.2001, Casa Civil, Brasília, DF. Available at: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10257.htm>. Accessed: 1 nov. 2015.
- Camarinhas, C. T. F. [S.d.] *Arquitetura do planeamento urbano e territorial*. [S.l: s.n.]. Available at: <<http://home.fa.ulisboa.pt/~camarinhas/5RU.htm>>. Accessed: 1 nov. 2015.
- Carneiro, R. et al. 2010. Território, exclusão e políticas de inclusão socioespacial: uma análise a partir da experiência de Belo Horizonte. *SER Social* 12(27): 145–164. Available at: <http://periodicos.unb.br/index.php/SER_Social/article/view/4140/3451>. Accessed: 1 nov. 2015.
- Cohen, R. 2006. *Cidade, corpo e deficiência: percursos e discursos possíveis na experiência urbana*. 228f. Tese (Doutorado em Psicossociologia de Comunidades e Ecologia Social) – Instituto de Psicologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Ferreira, J. M. S. M. 2006. *Execução de obras de urbanização de favelas: Favela Jardim Santo André - Santo André Região Metropolitana de São Paulo*. 276f. Dissertação (Mestrado em Engenharia)-Escola Politécnica, Departamento de Engenharia de Construção Civil, Universidade de São Paulo. Available at:

- <www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde.../DissertacaoCompleta.pdf> Accessed: 19 dez. 2015.
- Juiz de Fora. 2004. Prefeitura Municipal. *Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Juiz de Fora*. Juiz de Fora: FUNALFA Edições.
- Juiz de Fora. 2007a. Prefeitura Municipal. *Processo 005135: EMCASA - Programa de regularização fundiária: Ocupação de terreno localizado no bairro Granjas Betania. no final da rua nove de julho.* Juiz de Fora: [s.n.].
- Juiz de Fora. 2007b. Prefeitura Municipal. *Minuta de lei para parâmetros urbanísticos em AEIS*. [S.l.: s.n.].
- Juiz de Fora. 2011. Prefeitura Municipal. *Processo 003441: SARAH - Desapropriação de área no local denominado Vale dos Guedes, no bairro Granjas Betânia, com finalidade de regularização fundiária. Remissivo processos ns. 5135/07 e 3381/76.* Juiz de Fora: [s.n.].
- Kashiwagi, H. M. 2004. *O processo de percepção e apropriação do espaço nas comunidades marginais urbanas: o caso da favela do parolin em Curitiba* – PR. 192 f. Dissertação (Mestrado em Geografia)- Curso de pós-graduação em Geografia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná. Available at: <<http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/bitstream/handle/1884/1287/DISSERTAC2004.pdf;jsessionid=DFAB9E9DCDC10C466E7581BB96F96AF1?sequence=1>>. Accessed: 15 jan. 2016.
- Kashiwagi, H. M. 2004. *O processo de percepção e apropriação do espaço nas comunidades marginais urbanas: o caso da favela do parolin em Curitiba* – PR. 192 f. Dissertação (Mestrado em Geografia)- Curso de pós graduação em Geografia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná. Available at: <<http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/bitstream/handle/1884/1287/DISSERTAÇÃO2004.pdf;jsessionid=DFAB9E9DCDC10C466E7581BB96F96AF1?sequence=1>>. Accessed: 15 jan. 2016.
- Kowarick, L. 1993. *A espoliação urbana*. São Paulo: Paz e Terra.
- Lynch, K. 2011. *A imagem da cidade*. 3 ed. São Paulo: Martins Fontes.
- Marques, E. et al (org). 2007. *Assentamentos precários no Brasil urbano*. Brasília: Ministério das Cidades. Available at: <<http://www.direito.mppr.mp.br/arquivos/File/relatorio-assentamentos-precatorios-no-brasil-urbano.pdf>>. Accessed: 08 dez. 2015.
- Merleau-Ponty, M. 1994. *Fenomenologia da Percepção*. São Paulo: Martins Fontes.
- Nass, O. 2002. *O estatuto da cidade e a gestão urbana: instrumentos facilitadores para a implementação de políticas habitacionais de interesse social*. 58 f. Monografia (Especialização em gestão técnica do meio urbano)- Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Université de Ecnologie de Compiègne – França e Instituto Internacional de Gestão Técnica do Meio Urbano, Curitiba.
- Ongaro, D. F. Z. 2015. *Lugar e violência na habitação de interesse social: estudo de caso em Juiz de Fora/MG*. 107 f. Dissertação (Mestrado em Ambiente Construído)- Programa de Pós-graduação em Ambiente construído, Universidade Federal de Juiz de Fora, 2015. Available at: <[L https://repositorio.ufjf.br/jspui/bitstream/ufjf/130/1/daniellafonsecazanottiongaro.pdf](https://repositorio.ufjf.br/jspui/bitstream/ufjf/130/1/daniellafonsecazanottiongaro.pdf)>. Accessed: 16 jan. 2016.
- Reis, A.; Lay, M.C. 1995. As Técnicas de APO Como Instrumento de Análise Ergonômica do Ambiente Construído. IN: Encontro Latino-americano de conforto no ambiente construído - ANTAC (Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído), 1, 1995, Curso Avaliação Pós-Ocupação, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: ANTAC.
- Teixeira, S. K. 2001. *Imagens e linguagens do geográfico: Curitiba capital ecológica*. 310 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.



A evolução do marketing da sustentabilidade no mercado imobiliário do espírito santo

Marcia Bissoli-Dalvi

Federal University of Espírito Santo, Planning and Project Laboratory, Vitória (ES), Brazil

marciabissoli@gmail.com

Mariany Abreu de Oliveira

Federal University of Espírito Santo, Department of Architecture and Urban Planning, Planning and Project Laboratory, Vitória (ES), Brazil

maryabreu04@hotmail.com

Suelem Bertollo Marques

Federal University of Espírito Santo, Department of Architecture and Urban Planning, Planning and Project Laboratory, Vitória (ES), Brazil

susu_bertollo@hotmail.com

Cristina Engel de Alvarez

Federal University of Espírito Santo, Planning and Project Laboratory, Vitória (ES), Brazil

cristina.engel@ufes.br

RESUMO: No Espírito Santo, a Região Metropolitana da Grande Vitória concentra a maior parte do mercado imobiliário do Estado. Apesar da relevância da região, constatou-se que a exploração do *marketing* da sustentabilidade nesse cenário tem se estruturado de forma inconsistente e pontual. Assim, objetivando diagnosticar a evolução desse tipo de *marketing* nos últimos anos para esse mercado específico, realizou-se um estudo comparativo dos *folders* divulgados no Salão do Imóvel nos anos de 2009 e 2015. O material recolhido nos eventos reúne as principais construtoras e incorporadores do Estado e a maior parte dos empreendimentos comercializados. Após a compilação das informações dos *folders* dos empreendimentos comerciais e residenciais, foi realizado um levantamento estatístico a respeito dos dados obtidos e estruturada uma análise crítica de causas e consequências diante dos resultados, embasada por uma pesquisa teórica acerca do tema. Em relação à importância dada à sustentabilidade, constatou-se, a partir dos resultados obtidos, que esta preocupação tem sido negligenciada pelo mercado imobiliário local. Observa-se, por exemplo, que o número de abordagens divulgadas nos empreendimentos analisados nos dois anos segue em um ritmo decrescente e este resultado está vinculado, provavelmente, às causas relacionadas aos contextos econômico e político vivenciados nos anos tratados.

Palavras-chave *marketing* da sustentabilidade, sustentabilidade, mercado imobiliário.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento sustentável e seus preceitos para a estruturação de edificações ganharam espaço nas discussões acadêmicas, principalmente a partir do final do século XX. Um dos principais instrumentos de incentivo para a visibilidade e viabilidade de aplicação deste conceito é a política pautada no *marketing* da sustentabilidade.

De acordo com Yilmaz e Bakis (2015), o termo sustentabilidade pode ser definido como a utilização dos recursos naturais de forma igualitária, em uma condição equilibrada, considerando o ser humano, o tempo e o lugar, não permitindo a exaustão de tais recursos, ou prejudicando as gerações futuras.

Assim, a sustentabilidade abrange três importantes dimensões que interagem em uma relação de dependência: a sustentabilidade ambiental, que prima pelo cenário urbano sustentável, estabelecendo o equilíbrio entre recursos naturais e as exigências da vida em sociedade; a sustentabilidade econômica, que prevê uma gestão eficiente de mercado aliada ao uso consciente de recursos; e a sustentabilidade social, que considera a qualidade de vida a longo prazo por meio do direito básico e igualitário de acesso a serviços e recursos entre as gerações (YILMA; BAKIS, 2015).

A aplicação dessas instâncias na construção civil deve englobar todas as etapas do empreendimento, desde o planejamento ao uso e, se possível, até sua demolição. Ainda segundo Yilma e Bakis (2015), a construção sustentável é resultado da aplicação dos princípios sustentáveis no ciclo de vida da construção, no planejamento, no processo de construção, na extração de matérias-primas, no uso, na demolição da construção e na gestão de resíduos. Dessa forma se configura como um processo holístico que visa manter a harmonia entre os três âmbitos reportados – natureza, economia e sociedade.

Dentro dessa discussão, o *marketing* da sustentabilidade, *a priori*, tem função de promover a qualidade do ambiente físico e da relação topoflica com o seu usuário, minimizando os impactos negativos, acarretados pela estruturação deste ambiente, em todas as instâncias (OLIVEIRA; ARAÚJO; NETO, 2015). Dessa forma, os autores concluem que, além de intervir positivamente nas questões econômicas, sociais e ambientais, também pode trazer vantagem competitiva para as empresas atuantes no mercado imobiliário, assim como para os consumidores, contribuindo ainda para a promoção da sustentabilidade.

Conforme Baldassarre e Campo (2016), o *marketing* da sustentabilidade aborda uma questão ética, a sustentabilidade, dentro das relações empresariais de mercado, tratando-a como ferramenta para a divulgação das iniciativas a ela relacionadas, contribuindo para interesses particulares e universais. Logo, se caracteriza como uma iniciativa que visa contribuir para a vantagem competitiva, a estabilidade das empresas, a conscientização dos consumidores e o estabelecimento de um padrão eficiente de produção (FUENTES, 2015).

A relação sustentável entre consumidor e empresa se dispõe de maneira estreita e indissociável, visto a auto-dependência de ambas as partes para se alcançar os benefícios visados. Conforme afirma Zhao et al. (2015), no contexto imobiliário, apesar das construções pautadas na sustentabilidade requererem o apoio de toda a cadeia de produção, as empresas construtoras e os consumidores assumem maior influência no desenvolvimento dessas construções, visto que eles atuam com o produto final. Desta forma,

se estabelece um circuito de influências no qual as próprias partes envolvidas – consumidor e empresa – passam a demandar mais soluções sustentáveis uma da outra.

Uma das conveniências que possibilitam esta demanda é a relação custo-benefício que os investimentos sustentáveis apresentam. Ainda que se obtenha um retorno a longo prazo, suas vantagens quase sempre são garantidas, sendo importantes para a desejabilidade social das intervenções, uma vez que envolvem as gerações presentes e futuras. Nesse sentido, quanto mais cedo forem adotadas medidas e políticas desse contexto, mais rapidamente serão produzidos novos resultados (FACCIOLI et al., 2015).

Porém, apesar das possíveis vantagens na relação custo-benefício, constatou-se que o cenário político-econômico vivido no decorrer de 2009 e 2015, interferiu negativamente na disposição dos consumidores e empresas para assumirem gastos mais elevados. Com a crise financeira de 2008, o cenário econômico internacional passou por abalos que repercutem até os dias atuais. Segundo Carvalho (2009), o Brasil sofreu com o corte financeiro, seguido da retração do crédito, a baixa da produção, o desemprego e, conseqüentemente, revisão nos planos de investimento. Isso evidencia um cenário desfavorável para investimentos no mercado imobiliário, aparentemente agravado ainda mais nos tempos atuais.

Entretanto, ainda de acordo com Carvalho (2009), os impactos financeiros sofridos pelo Brasil tiveram uma recuperação mais acelerada. Mesmo com a queda das exportações houve uma revalorização do real e a da balança comercial. Segundo Vizi (2011), em julho de 2009, um percentual considerável dos empregos perdidos em decorrência da crise já haviam sido recuperados, encerrando-se o ano de 2010 com saldo positivo em relação a criação de empregos formais. O que pode explicar o fato de, apesar das constatações pouco satisfatórias obtidas na presente pesquisa a respeito do mercado imobiliário capixaba de 2009, os resultados ainda foram melhores que os de 2015. Esse último ano também passou por recessão demandando intervenções por parte do governo nas empresas e cortes de gastos, resultando em um cenário de economia instável (BONOMO; BRITO; MARTINS, 2015).

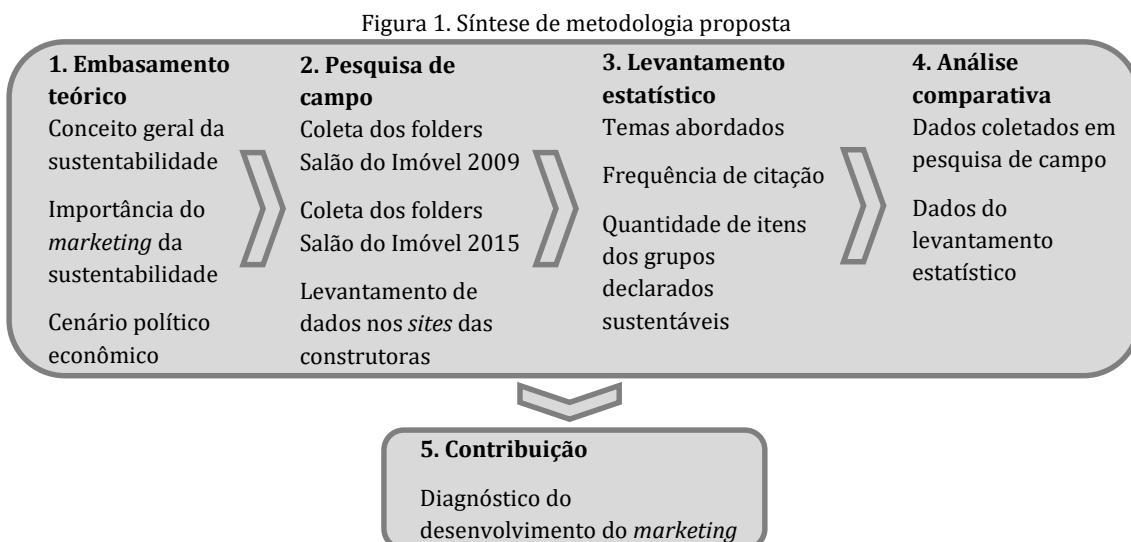
Considerando esse contexto e a necessidade de evidenciar a importância do *marketing* da sustentabilidade para que não se perca dentro de um cenário de crise, surge também a necessidade de se verificar a veracidade das propagandas que são apresentadas ao consumidor. Nesse sentido, várias ferramentas de avaliação de sustentabilidade foram criadas com o intuito de averiguar, certificar – dependendo da ferramenta – e incentivar a implantação de estratégias sustentáveis. Os certificadores de sustentabilidade de acordo com Nielsen et al. (2016), empenham papel fundamental para a eficiência das construções, visto que estabelecem metas de sustentabilidade durante todas as etapas do empreendimento – planejamento, construção e uso.

Dessa forma, este artigo teve por objetivo averiguar a evolução do *marketing* da sustentabilidade no mercado imobiliário capixaba a partir da investigação e levantamento de estratégias de cunho sustentável promovidas nos *folders* de divulgação dos empreendimentos vinculados ao 16º e 22º Salão do Imóvel do Espírito Santo, de 2009 e 2015, estabelecendo uma reflexão a respeito das causas que levaram àquele resultado. Ambos os anos apresentaram semelhança nas críticas condições político-econômicas vivenciadas, sendo possível averiguar o empenho exercido para a estruturação de um

mercado eficiente, diante da necessidade de implantação de estratégias visando a recuperação e estabilidade do mercado.

2. METODOLOGIA

A figura 1 apresenta uma síntese da metodologia utilizada para a estruturação da pesquisa.



Primeiramente, foi estruturado o **embasamento teórico** a respeito do conceito da sustentabilidade e da importância do *marketing*, englobando a questão dentro de seus vários âmbitos, ou seja, ambiental, político-social e econômico. considerando que nos últimos anos o cenário nacional passou por transformações dentro da conjuntura político-econômica, buscou-se apurar até que ponto tais circunstâncias influenciaram o desenvolvimento do *marketing* da sustentabilidade no mercado imobiliário. Dessa forma, também foi elaborada uma pesquisa teórica a respeito desse cenário, correlacionando-o ao campo da sustentabilidade.

Em razão do estudo ter sido realizado no Espírito Santo, foi estabelecido um recorte desta área focando a investigação na Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV), já que esta concentra a maior parte da movimentação imobiliária do Estado. Sendo assim, para o melhor direcionamento e objetividade do estudo em questão, realizou-se uma **pesquisa de campo** para esta área, utilizando como material base os *folders* dos empreendimentos divulgados no Salão do Imóvel do Espírito Santo dos anos de 2009 e 2015. A escolha dos anos tratados para o estudo foi pautada na semelhança das críticas condições vivenciadas nos dois períodos. Tanto o ano de 2009, quanto o de 2015 se configuraram dentro de um cenário de crise político-econômica, no qual a implantação de estratégias visando a recuperação financeira do Estado se faziam extremamente necessárias.

Ressalta-se que o Salão do Imóvel é um evento anual, promovido pela Associação de Empresas do Mercado Imobiliário do Espírito Santo (Ademi-ES), de grande importância da RMGV. Por sua vez, envolve a maioria das empresas atuantes no mercado imobiliário do Estado, garantindo acesso a maior parte dos empreendimentos disponíveis neste mercado. Os *folders* recolhidos abrangem todos os empreendimentos comerciais e residenciais disponibilizados nos *stands*. A investigação a respeito do *marketing* da sustentabilidade nos

empreendimentos foi estendida através de uma pesquisa nos sites das empresas, verificando a coerência das informações divulgadas nos folders.

Com o material recolhido, realizou-se um **levantamento estatístico** a respeito das estratégias de cunho sustentável apresentadas nos *folders*, a frequência de citação das mesmas, assim como a quantidade de itens tratados nos empreendimentos declarados sustentáveis e nos não declarados. Para isso utilizou-se como material de apoio as ferramentas de avaliação de sustentabilidade, classificando as estratégias divulgadas, a partir dessas ferramentas, por temas de abrangência de sustentabilidade. Os grupos temáticos identificados foram: água, energia, materiais e resíduos, mobilidade, paisagismo e urbanismo, e serviços.

As ferramentas de avaliação consideradas para apoio a esta pesquisa foram selecionadas a partir de sua relevância internacional – o BREEAM¹ (BREEAM, 2016), o CASBEE² (CASBEE, acesso em 03 jun. 2016), o GREEN STAR³ (GREEN..., 2016), o LEED⁴ (GREEN..., 2014) e o SBTOOL⁵ (iiSBE, 2009) - e nacional – o AQUA⁶ (PROCESSO..., 2015) e a ASUS⁷ (ASUS, 2015).

Uma vez esclarecidas as circunstâncias pelas quais o cenário político-econômico passava nesses dois anos, juntamente com os levantamentos realizados, estruturou-se a **análise comparativa** dos resultados, identificando os pontos evidenciados e negligenciados, e vinculando-os à crise enfrentada nos períodos e suas possíveis implicações.

Dessa forma, estruturou-se como **contribuição** um diagnóstico da evolução do *marketing* da sustentabilidade no mercado imobiliário capixaba, inferindo suas causas e consequências, e destacando a importância de tal apuração para a construção de cenário sustentável dentro da indústria da construção civil.

3. RESULTADOS

3.1 Comparativo das estratégias divulgadas

O material de divulgação recolhido no Salão do Imóvel de 2009 engloba 76 empreendimentos, dos quais 27 reportam algum tipo de estratégia sustentável, e apenas 18 se declaram como empreendimentos sustentáveis. Já o material de 2015, reúne um inventário de 77 empreendimentos, sendo identificadas estratégias sustentáveis em somente 12 deles, contendo apenas um empreendimento que destaca as abordagens dentro do *marketing* da sustentabilidade, ao reservar em seu material um tópico exclusivo para as medidas sustentáveis adotadas.

Apesar das duas amostras analisadas apresentarem praticamente a mesma quantidade de empreendimentos, 76 e 77, os que trabalharam o *marketing* da sustentabilidade em seus

¹ *Building Research Establishment Environmental Assessment Method* - Inglaterra

² *Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency* - Japão

³ *Green Star* - Austrália

⁴ *Leadership in Energy and Environmental Design* – Estados Unidos

⁵ *Sustainable Built Tool* - Canadá

⁶ Processo AQUA – Alta Qualidade Ambiental

⁷ Avaliação da Sustentabilidade

materiais reduziram consideravelmente. Esse dado chama a atenção para a redução da importância agregada ao tema neste período de tempo. As estratégias e suas frequências são tratadas dentro de cada tema identificado, conforme na tabela 1.

Tabela 1. Frequência de utilização dos itens divulgados de acordo com temas de sustentabilidade

Grupos	Estratégias de Sustentabilidade	2009	2015
Água	Aproveitamento de água da chuva	11	1
	Bacias sanitárias com dispositivo economizador	16	-
	Pavimentação externa semipermeável	9	-
	Poço artesiano	2	-
	Torneiras com dispositivos economizadores	-	1
Subtotal		38 (25,7%)	2 (6,9%)
Energia	Aquecimento solar	5	3
	Carros elétricos para transporte de pessoas e compras no condomínio	1	-
	Distribuição de circuitos de iluminação	9	-
	Dutagem especial para automação residencial	-	1
	Elevador inteligente	13	1
	Minuteria nas escadas	2	1
	Sensores de presença com fotocélula	15	2
	Sistema de iluminação econômico	-	1
Tomadas aterradas ⁸	-	2	
Subtotal		45 (30,4%)	11 (37,9%)
Materiais e resíduos	Madeira reflorestada ou certificada	13	-
	Painéis em gesso acartonado	3	-
	Rodapé dutado	1	-
	Tintas à base de água	9	-
	Gestão dos resíduos dos materiais de construção	9	-
	Lixeiras para coleta seletiva	16	-
	Reciclagem de madeira da fase de obra	9	-
Subtotal		60 (40,5%)	-
Mobilidade	Bicicletário	-	2
	<i>Bike sharing</i> ⁹	-	3
	Estacionamento rotativo em empreendimentos comerciais	-	2
Subtotal		-	7 (24,1%)
Paisagismo e Urbanismo	Horta e/ou pomar comunitários	3	-
	Ocupação reduzida do terreno (abaixo da taxa de ocupação máxima)	1	-
Urbanismo	Paisagismo com espécies nativas	1	-
	Subtotal		5 (3,4%)
Serviços	Área de lazer adaptada para PNE incluindo plataforma elevatória	-	1
	Internet coletiva	-	1
	Proximidade com áreas de lazer e serviços do bairro	-	2
	Mecanismo de segurança para o usuário do empreendimento	-	1
	Uso misto	-	3
	Via de acesso fácil	-	1

⁸ As tomadas aterradas evitam o “escape” de cargas para o ambiente resultando em uma maior eficiência energética, ao evitar esse desperdício de energia e proporcionar uma maior durabilidade dos produtos.

⁹ Sistema de compartilhamento de bicicletas

Subtotal	-	9 (31,1%)
Total	148 (100%)	29 (100%)

As ferramentas de avaliação utilizadas como referência para este artigo reúnem um total de 23 grupos temáticos que englobam inúmeras medidas nos variados âmbitos da sustentabilidade, somando 303 itens tratados ao todo. A partir da análise dos *folders* foram identificados 33 dos 303 itens, enquadrados em 6 temas retirados a partir da ferramentas.

Os grupos temáticos abordados nos anos tratados variaram, ganhando destaque em 2009 os campos sustentáveis “água”, “energia”, “materiais e resíduos” e “paisagismo e urbanismo”, e em 2015 “água”, “energia”, “materiais e resíduos”, “mobilidade” e “serviços”. É interessante ressaltar que os temas “paisagismo e urbanismo” (3,4%) e “materiais e resíduos” (40,5%) não foram mencionados nos folders de divulgação de 2015. Esses dados chamam a atenção para um contraste entre a importância desses temas, para se alcançar um ambiente equilibrado, e a efetiva atenção direcionada aos mesmos. Essa regreção pode ser explicada pelo cenário de crise, uma vez que, principalmente o tema “materiais e resíduos”, requer maiores investimentos no campo econômico. Por outro lado, as empresas também podem ter inferido que dentre os grupos temáticos esses itens chamem menos atenção dos clientes.

No entanto, os temas “serviços” e “mobilidade”, que apesar de juntos apresentam mais de 50% das citações em 2015, foram mencionados apenas neste ano. O destaque agregado a esses itens pode representar um aumento na preocupação da relação do empreendimento com o entorno e com o aspecto social, ampliando a discussão para outras vertentes da sustentabilidade, ainda que as construtoras se mostrem resistentes em explicitar essas informações nos folders.

Em relação ao tema “energia”, apesar das estratégias divulgadas apresentarem uma recorrência de aplicação maior em 2009, dos temas em comum, foi o único que apresentou aumento na frequência de citação de 2009 (30,4%) para 2015 (37,9%). Este quadro pode ser explicado pelo abalo do setor energético na crise vivenciada nesse período, no qual o aumento nas contas de energia pela variação de bandeiras, fez com que recursos mais eficientes e sustentáveis fossem buscados, uma vez que esses representam uma redução do consumo, e conseqüentemente, dos gastos.

Dentre os empreendimentos analisados em 2015 foi identificado, através da pesquisa *online* nos sites das construtoras, apenas um que possui certificação com o Selo AQUA. Ainda assim, apesar dos esforços para a implementação de técnicas de sustentabilidade e do reconhecimento através do selo, nenhum tipo de divulgação a respeito da certificação foi realizado no *folder* deste empreendimento.

O evidente retrocesso dos resultados de 2009 para 2015, levantam a indagação se tal quadro é consequência da falta de rigor por parte das construtoras em promover as medidas sustentáveis adotadas ou do desinteresse em aplicá-las. Por um lado, a falta de empenho em promovê-las é evidenciada pelo desinteresse dos consumidores ou dos empreendedores ocasionado pelo cenário de crise econômica vivenciado. Os consumidores, muitas vezes, veem as medidas sustentáveis como um custo adicional desnecessário. As empresas, por

sua vez, justificam a pouca importância dada a este *marketing*, apoiadas na ausência de procura. Por outro lado, há também desinteresse em aplicar essas estratégias por consequência da falta de incentivos, diante de um cenário político-econômico conturbado, visto que as empresas tem adotado medidas de cortes de gastos. Percebe-se que os consumidores, as construtoras e os incentivos advindos de instituições ou órgãos influentes estabelecem uma dinâmica auto dependente. O incentivo para as empresas e a procura por parte dos consumidores são importantes para ocasionar uma melhor compreensão da eficiência da construção nos padrões sustentáveis, mesmo com resultados a longo prazo.

3.2 Comparativo da quantidade de itens divulgados

A partir dos materiais de divulgação foi elaborado um levantamento da quantidade de itens adotada nos empreendimentos que se declaram sustentáveis (Grupo A) e naqueles que não se declaram (Grupo B), agrupando-os de acordo com essa quantidade, como demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2. Quantidade de empreendimentos correlacionados com quantidade de itens sustentáveis divulgados

Grupo	Quantidade de Itens								
	0	1	2	3	4	5	11	Total	
A 2009	F. A.	1	4	2	1	1	0	9	18
	F. R.	5,5%	22,5%	11%	5,5%	5,5%	0%	50%	100%
A 2015	F. A.	0	0	1	1	0	0	0	2
	F. R.	0%	0%	50%	50%	0%	0%	0%	100%
B 2009	F. A.	48	7	1	1	1	0	0	58
	F. R.	82,8%	12,1%	1,7%	1,7%	1,7%	0%	0%	100%
B 2015	F. A.	63	3	3	0	1	3	0	73
	F. R.	86,3%	4,1%	4,1%	0%	1,4%	4,1%	0%	100%

Nota: Grupo A: Empreendimentos que se declaram sustentáveis

Grupo B: Empreendimentos que não apresentam menção ao tema sustentabilidade

F. A.: Frequência absoluta e F. R.: Frequência relativa

No grupo dos empreendimentos que declaram possuir itens sustentáveis pertencentes ao evento de 2009 (grupo A - 2009), nota-se que, dos 18 empreendimentos, um deles não apresentou qualquer item adotado em seu material de divulgação. Isso destaca o descaso da empresa ao se declarar sustentável sem se preocupar em evidenciar qualquer tipo de estratégia que dê respaldo para o consumidor manter uma relação clara e de confiança com a mesma.

Em 2015, este quadro não se repete, porém, a quantidade de empreendimentos que se declaram sustentáveis (grupo A - 2015) reduz drasticamente, sendo apresentados somente dois empreendimentos. Além disso, ao se comparar este grupo com o dos demais empreendimentos de 2015 (grupo B - 2015) nota-se que este segundo apresenta mais empreendimentos com itens sustentáveis. Esse dado enfatiza, novamente, certa negligência

por parte de algumas empresas na valorização de seu caráter sustentável, possivelmente, ocasionada pela falta de interesse por parte consumidores, que de forma precipitada julgam este investimento apenas com custo adicional. Uma explicação para este desinteresse é a falta de conhecimento da abrangência da questão da sustentabilidade.

Outro ponto é que, apesar da quantidade máxima de itens adotados ser de 11 em 2009 e de 5 em 2015, no geral, a maioria dos empreendimentos, que divulgaram pelo menos um item, vincularam ao *marketing* da sustentabilidade apenas uma estratégia. Esses resultados demonstram a ocorrência de empreendimentos que mesmo divulgando um número bastante reduzido de estratégias, já se denominam sustentáveis, ainda que tais medidas não sejam suficientes para tal atribuição.

4. CONCLUSÃO

O processo evolutivo do *marketing* da sustentabilidade no mercado imobiliário capixaba apresentou uma queda considerável nos resultados. Como precedente, o cenário político-econômico vivenciado no Brasil nos últimos anos, aliado à falta de uma política de incentivo e conscientização sustentável, fortaleceram as causas de tal regresso. Assim, o *marketing*, além de escasso, se mostra, muitas vezes, equivocado nos empreendimentos declarados sustentáveis. Observa-se que a pesquisa não avaliou se o item utilizado como qualificador do empreendimento é ou não uma medida obrigatória por força de Lei e sim, como os empreendedores tratam a questão nas estratégias de comercialização de seus produtos.

Percebe-se na análise dos empreendimentos de 2009 para 2015, um crescimento, ainda que pequeno, dos aspectos sociais no contexto da sustentabilidade. Isso indica que o mercado imobiliário capixaba tem caminhado para abarcar a totalidade do termo sustentabilidade, ampliando a abordagem tradicional da análise da sustentabilidade pelo viés ambiental.

Diante dos resultados, verifica-se que, para a evolução do *marketing* da sustentabilidade se dar de maneira satisfatória, há a necessidade de implantação de medidas de incentivo, tanto para divulgação e conscientização dos consumidores, como para pesquisas na área acadêmica, que conseqüentemente irão permitir uma maior implementação de estratégias sustentáveis no campo prático. É importante que estas medidas provenham de órgãos governamentais e empresas influentes assegurando uma maior disseminação dos estudos e políticas de incentivo.

Dessa forma, fica evidente que os estudos a respeito do desenvolvimento do *marketing* da sustentabilidade são indispensáveis para verificar os pontos que estão sendo negligenciados e os potenciais do tema possibilitando um melhor entendimento da questão. Assim, trabalhando em favor da popularização de tais medidas, aumenta-se o uso destas, reduzindo de maneira gradativa seus custos, tornando-as cada vez mais acessível a todos os consumidores, garantindo uma visão autossuficiente para as gerações presentes e futuras. Outra contribuição da pesquisa é o fato de ser um referencial para futuros estudos conduzindo a realização um diagnóstico de outros locais, possibilitando a estruturação de um padrão eficiente de construções a nível nacional.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio recebido da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) através do projeto de pesquisa registrado sob nº 67631339 - 2015 (Edital FAPES Nº 006/2014) e da bolsa de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

- Baldassarre, F.; Campo, R. 2016. Sustainability as a marketing tool: To be or to appear to be?. *Business Horizons* 59: 421-429.
- Bonomo, M.; Brito, R. D.; Martins, B. 2015. The after crisis government-driven credit expansion in Brazil: A firm level analysis. *Journal of International Money and Finance* 55: 111-134.
- BREEAM - Building Research Establishment Environmental Assessment Method. 2016. Disponível em: <<http://www.breeam.com/>>. Acesso em: 03 jun. 2016.
- Carvalho, C. E. 2009. A crise internacional desafia o modelo brasileiro de abertura e liberalização. *Estudos Avançados* 23: 111-123, n. 66.
- CASBEE - Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency. Disponível em: <<http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/>>. Acesso em: 03 jun. 2016.
- Coleman, N. & Feler, L. 2015. Bank ownership, lending, and local economic performance during the 2008–2009 financial crisis. *Journal of Monetary Economics* 71: 50-66.
- Oliveira, A. M. de; De Araújo, G. D. & Neto, J. Q. P. 2015. Marketing Verde: um diferencial competitivo adotado pelas empresas. *Revista Conexão Eletrônica* 12: 296-307.
- De Vizi, B. 2011. Depois da crise: Desafios faz uma retrospectiva, revendo os impactos, os canais de transmissão, e as consequências da turbulência que modificou, e ainda modifica, a economia global. *Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. São Paulo*. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&view=article&id=1308:catid=28&Itemid=23>. Acesso em: 04 mai. 2016.
- Faccioli, M.; Hanley, N.; Torres, C. & Font, A. R. 2015. Do we care about sustainability? An analysis of time sensitivity of social preferences under environmental time-persistent effects. *Journal of Environmental Management* 177: 356-364.
- Ferramenta ASUS - A Sustentabilidade como Instrumento de Projeto. 2015. Disponível em: <<http://asus.lpp.ufes.br/>>. Acesso em: 03 jun. 2016.
- Fuentes, C. 2015. How green marketing works: Practices, materialities, and images. *Scandinavian Journal of Management* 31: 192-205.
- Green Building Council Brasil - Construindo um Futuro Sustentável. 2014. Disponível em: <<http://www.gbcbrazil.org.br/>>. Acesso em: 03 jun. 2016.
- Green Star - Green Building Council of Australia. 2016. Disponível em: <<https://www.gbca.org.au/green-star/>>. Acesso em: 03 jun. 2016.
- iiSBE - International Initiative for a Sustainable Built Environment. 2009. Disponível em: <<http://iisbe.org/sbmethod>>. Acesso em: 03 jun. 2016.
- Nielsen, A. N.; Jensen, R. L.; Larsen, T. S. & Nissen, S. B. 2016. Early stage decision support for sustainable building renovation—A review. *Building and Environment* 103: 165-181.
- Processo AQUA Construção Sustentável. 2015. Disponível em: <<http://vanzolini.org.br/aqua/>>. Acesso em: 03 jun. 2016.
- Yilmaz, M. & Bakis, A. 2015. Sustainability in Construction Sector. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 195: 2253-2262.
- Zhao, D.-X.; He, B.-J.; Johnson, C. & Mou, B. 2015. Social problems of green buildings: From the humanistic needs to social acceptance. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 51: 1594-1609.



Análise de qualidade ambiental do novo modelo integral de escola no Espírito Santo: Programa “Escola Viva”

Pedro Henrique Ribeiro Cortez

Universidade Vila Velha, Vila Velha, ES, Brasil

pedrohenrique.cortez@outlook.com

Luciana Aparecida Netto de Jesus

Universidade Vila Velha, Vila Velha, ES, Brasil

luciana.jesus@uvv.br

Larissa Leticia Andara Ramos

Universidade Vila Velha, Vila Velha, ES, Brasil

larissa.ramos@uvv.br

Álvaro José Bremenkamp

Universidade Vila Velha, Vila Velha, ES, Brasil

alvaro.bremenkamp@yahoo.com.br

ABSTRACT: A importância da arquitetura escolar de qualidade está intrinsecamente relacionada com o bom desempenho do processo ensino aprendizagem. Pensar em conforto ambiental, em ambientes escolares, é oferecer garantia de um espaço adequado que forneça condições mínimas para o desenvolvimento das atividades pedagógicas. Uma arquitetura pensada na qualidade ambiental também potencializa a eficiência energética do edifício, trazendo economia nos custos operacionais. Para proporcionar escolas de tempo integral, o Governo do Estado do Espírito Santo implementou o projeto “Escola Viva”, no qual os alunos, do 1º ao 3º ano do ensino médio, dispõem de um período letivo integral, onde, para além de disciplinas obrigatórias, regulamentadas pelo Ministério da Educação, também participam de atividades complementares como dança, música e teatro. Considerando a possibilidade de reprodução deste modelo pedagógico e tendo em vista a importância da arquitetura na garantia da qualidade de ensino, bem como em aspectos operacionais, este trabalho tem como objetivo, apresentar os resultados da avaliação de indicadores de qualidade ambiental. Neste sentido, medições como, os níveis de ruído, iluminância e temperatura interna de salas de aula, foram aplicados no novo modelo “Escola Viva”, localizado no Bairro São Pedro, ES, afim de verificar não somente as mudanças pedagógicas, mas a eventual reestruturação do espaço físico que garantam as necessárias melhorias socioambientais. Através da Avaliação Pós-Ocupação (APO), baseado em análises qualitativas e quantitativas, o presente trabalho apresentará como resultado falhas e oportunidades de intervenções no modelo construtivo, definindo estratégias que atendam às atuais necessidades do ensino com horário integral, assim como, soluções que maximizem o conforto ambiental.

Keyword *Qualidade ambiental, Escola Viva, Arquitetura escolar*

1. INTRODUÇÃO

A arquitetura que visa o conforto ambiental tem por base a garantia da qualidade dos espaços projetados no que diz respeito à relação entre usuário-edifício e seu conforto físico. Entende-se por conforto ambiental, condições ambientais que promovem o bem-estar do homem em níveis térmico, lumínico, acústico e antropométrico (Lamberts et al. 2014). Para uma arquitetura de qualidade, é importante que as estratégias arquitetônicas sejam tomadas ainda em fase inicial de projeto. Através de recursos de softwares capazes de analisar o desempenho da eficiência energética e o cumprimento de indicadores de qualidade ambiental, possibilita mudanças em estratégias e materiais utilizados durante a fase de projeto. Essas decisões, quando tomadas em fase inicial, geram economia nos recursos na obra, como também durante a fase operacional.

Nos edifícios escolásticos, a qualidade de ensino-aprendizagem está intimamente ligada a um ambiente onde o conforto ambiental é assegurado. Espaços adequados e confortáveis levam ao aumento da capacidade de aprendizagem e melhores condições para desenvolvimento das atividades pedagógicas. Influências como calor excessivo, ruídos, inadequada iluminação e mobiliário não ergonômico afetam de maneira negativa na capacidade de absorção do ensino, reduzindo seu desempenho em sala de aula e, conseqüentemente, afetando seu aprendizado (Kowaltowski, 2011).

Com o intuito de avaliar a qualidade ambiental de edifício escolar e compará-la a outros edifícios de mesma categoria, foram identificados, no âmbito desta pesquisa, indicadores para análise ambiental do espaço escolar baseados em Normas Técnicas e resoluções da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), a fim de verificar o cumprimento de requisitos que garantam a qualidade do espaço, influenciando de forma direta no processo de ensino-aprendizagem.

1.1 Método

Para a aplicação dos indicadores de qualidade ambiental, desenvolvidos neste artigo, foi escolhida, como estudo de caso, a unidade da Escola Viva (Instituição de Ensino do Governo do Estado do Espírito Santo), localizada em Vitória. Através da colaboração dos alunos da referida Instituição, foram efetuadas medições, aplicando-as sob a ótica dos indicadores de qualidade ambiental e desenvolveu-se análise qualitativa através das respostas dos próprios alunos. Ainda, considerou-se importante a comparação dos dados ambientais da Escola Viva com outros modelos escolares na região da Grande Vitória, para avaliação de mudanças no espaço físico escolar em função da adequação da nova proposta pedagógica implementada. Para avaliação do espaço escolar as etapas para análise foram divididas em: análise qualitativa, análise quantitativa e comparação da Escola Viva com outros modelos escolares.

Para a análise quantitativa, foram realizadas medições em três salas de aula estrategicamente selecionadas, tendo como base a incidência solar. Os locais escolhidos foram: sala de aula 11, localizada no 2º andar do pavilhão de salas de aula (fachada voltada para sudeste), sala de aula 14, localizada no 3º andar (fachada voltada para noroeste) e sala de aula 1, localizada no 2º andar do pavilhão de laboratórios (fachada voltada para noroeste). Estas análises foram efetuadas, em parceria com a equipe de coordenação da

Escola Viva, em um dia disponibilizado pelo Diretor, a fim de não interromper as atividades desenvolvidas pela escola. Durante as medições realizadas, os alunos permaneceram nas salas de aula para que se analisasse ambientalmente em condições normais de uso. Foi escolhido o mês de maio por ter comportamentos climatológicos parecidos com todo o ano – temperaturas e umidade relativa altas. Os instrumentos utilizados nas medições térmica, lumínica e acústica foram, respectivamente: anemômetro digital, luxímetro e decibelímetro.

2. CRITÉRIOS PARA DEFINIÇÃO DOS INDICADORES DE QUALIDADE AMBIENTAL

2.1 Qualidade térmica

Alcançar o conforto térmico é fazer com que o corpo humano sinta, com neutralidade, as trocas térmicas com o ambiente (Lamberts et al. 2014). A arquitetura pode contribuir para que estas trocas térmicas aconteçam de forma natural e sem incômodos. Garantir que o ganho de energia térmica seja o mínimo possível é promover a qualidade interna do espaço, beneficiando e potencializando o aprendizado dos alunos. As consequências negativas de ambientes escolares com elevadas temperaturas vão desde incômodo físico, mal-estar, dispersão da atenção, até problemas mais graves como o aumento da circulação sanguínea e aumento considerável do suor, por exemplo (ANVISA, 2014). Estes problemas podem causar danos à saúde de alunos e professores, além de afetar a qualidade do ensino.

Para o desenvolvimento de projeto arquitetônico que garanta a qualidade ambiental do edifício, são necessários dados climáticos da região onde o projeto será inserido, para assim adequar as estratégias arquitetônicas ao clima local, maximizando o uso de recursos naturais para a garantia do conforto ambiental do edifício.

Com base na Carta bioclimática para região de Vitória – ES (Alvarez, 2007), uma das principais diretrizes para alcançar conforto térmico em Vitória é a ventilação natural, obtida através de grandes vãos de janela. Também é importante garantir o sombreamento destes vãos de janela, com brises por exemplo, para diminuir a entrada de radiação solar no interior da edificação, minimizando a carga térmica do edifício. Ainda de acordo com a Norma Técnica NBR 15220/2003, as estratégias bioclimáticas para a região bioclimática 8 (região na qual a cidade de Vitória está inserida) são:

- Adoção de paredes externas de elevada massa térmica – de forma que o calor adquirido durante o dia seja devolvido à noite;
- Orientação e implantação do edifício conforme insolação e ventos predominantes;
- Materiais de revestimento externos com baixa absorvência.

Os índices de temperatura em ambientes internos, a Bulbo Seco, devem variar de 23°C a 26°C no verão e de 20°C a 22°C no inverno. Para a faixa de umidade relativa, também em ambientes internos, a recomendação é de 40% a 65% no verão e de 35% a 65% no inverno (Resolução Nº 9 da ANVISA, 2003).

Com base em estudos de Normas Regulamentadoras da ANVISA a respeito da salubridade do espaço e, também, em Normas Técnicas sobre desempenho energético de edificações, foram elencados indicadores de qualidade térmica com intuito de verificação dos requisitos mínimos para a garantia de um espaço adequado, ilustrados na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1. Indicadores de qualidade térmica

	INDICADORES DE QUALIDADE TÉRMICA	RESULTADO ESPERADO
1	Implantação da edificação no terreno em função da insolação	Posicionamento das menores áreas de fachada para posições de "sol razante" (leste e oeste)
2	Orientação do edifício em função dos ventos dominantes	Aberturas de janelas, na fachada, orientadas para posição de vento predominante
3	Uso de ventilação natural como estratégia bioclimática de resfriamento	Vãos de janelas dimensionados para potencializar entrada natural de ventilação
4	Renovação do ar	Circulação natural da ventilação capaz de promover renovação do ar
5	Sombreamento das aberturas	Uso de estratégias arquitetônicas capazes de minimizar ganhos de energia térmica, como brises
6	Transmitância térmica dos materiais de fachada	Material de baixas transmitância térmica ($W/(m^2K)$)
7	Temperatura interna	Temperatura interna entre 23°C e 26°C, no verão
8	Umidade relativa interna	Umidade relativa interna entre 40% e 65%, no verão

2.2 Qualidade acústica

A garantia de um espaço adequado acusticamente tem relação direta com a qualidade do processo de ensino-aprendizagem dos estudantes, por necessitarem de um elevado nível de silêncio para que não seja dispersa a atenção. A incidência de ruídos pode causar além de problemas auditivos, estresse, dor de cabeça e irritabilidade (Santos et al. 2000). Os níveis de ruído considerados toleráveis para um ambiente escolar variam entre 40dB a 50dB para salas de aula, 35dB a 45dB em bibliotecas e 45dB a 55dB em circulações (NBR 10152/1987). Os sons lesivos são aqueles considerados mais intensos que a conversação. Variam em torno de 85dB à exposição de, em média, 8 horas diárias. As influências do ruído sobre a saúde humana, poderão manifestar-se desde transtornos de habilidade de executar atividades (diminuindo o rendimento e eficiência e elevando o número de erros) a transtornos comportamentais, causando mudanças na conduta e humor do homem, falta de atenção e concentração, cansaço, insônia e ansiedade (Carmo, 1999).

Com base em estudos de Normas Regulamentadoras da ANVISA sobre condicionamento acústico de ambientes de trabalho e, também, na Norma Técnica NBR 10152/1987, foram elencados indicadores de qualidade acústica, com intuito de verificação dos requisitos mínimos para a garantia de um espaço adequado, ilustrados na Tabela 2 a seguir.

Tabela 2. Indicadores de qualidade acústica.

	INDICADORES DE QUALIDADE ACÚSTICA	RESULTADO ESPERADO
1	Níveis de ruído aceitáveis em sala de aula	De 40 a 50 dB
2	Níveis de ruído aceitáveis em laboratórios	De 40 a 50 dB
3	Níveis de ruído aceitáveis em bibliotecas	De 35 a 45 dB
4	Níveis de ruído aceitáveis em circulações	De 45 a 55 dB
5	Qualidade da emissão sonora	Clareza no entendimento do som emitido
6	Implantação de salas de aula dentro do espaço escolar	Salas de aula afastadas de geradores de ruído, como quadra de esportes, por exemplo

2.3 Qualidade lumínica

Conforto visual é entendido como a existência de um conjunto de condições, em determinado ambiente, no qual o ser humano pode desenvolver suas tarefas visuais com o máximo de acuidade e precisão visual, com o menos esforço, com menor risco de prejuízos à vista e com reduzidos riscos de acidentes. Ainda, a boa iluminação deve ter

direcionamento e intensidade adequados e suficientes sobre o local de trabalho, assim como proporcionar boa definição de cores e ausência de ofuscamento (Lamberts et al. 2014). O ofuscamento ocorre quando a adaptação da visão aos contrastes não ocorre normalmente. Pode ser também definido como excesso de luz no campo visual (Lamberts et al. 2014). O controle do ofuscamento não é somente importante para o conforto do usuário, como também para eficiência energética do edifício, na medida em que se evita o excesso de radiação solar.

A Tabela 3, a seguir, demonstra a quantidade média de iluminância, dada em lux, no plano de trabalho em ambientes escolares.

Tabela 3 Índice de iluminância no plano de trabalho. Fonte: adaptada NBR 5413/1992

AMBIENTE	ILUMINÂNCIA IDEAL
Salas de aula	300 lux para iluminação geral
	500 lux perto do quadro e no plano de trabalho
Laboratórios	200 lux para iluminação geral
	500 lux para iluminação no plano de trabalho
Bibliotecas	300 lux para iluminação geral
	500 para ambientes de leitura

Com base em estudos de Normas Técnicas sobre desempenho acústico de edificações, foram elencados indicadores de qualidade acústica com intuito de verificação dos requisitos mínimos para a garantia de um espaço adequado, ilustrados na Tabela 4 a seguir.

Tabela 4. Indicadores de qualidade lumínica.

INDICADORES DE QUALIDADE LUMÍNICA	RESULTADO ESPERADO
1 Nível de iluminância em sala de aula	Mínimo de 500lux na região do quadro Mínimo de 300lux no plano de trabalho
2 Presença de ofuscamento nas aberturas das fachadas	Sem ofuscamento
3 Alcance de luz natural em grandes profundidades	Alto alcance de luz natural para evitar acionamento de sistema artificial de iluminação
4 Disposição de pontos de luz	Adequada ao layout interno
5 Iluminação natural com baixo ganho de energia térmica	Uso de proteção solar nas aberturas, utilizando-se da iluminação indireta, afim de evitar ganhos térmicos

3. ESCOLA DE TEMPO INTEGRAL

No século XX, influenciado pelos novos ideais do filósofo John Dewey, iniciou-se, no Brasil, um movimento no âmbito pedagógico e de caráter reformador que mostrava a necessidade de se encontrar o papel da escola na sociedade moderna. Intitulado de “Escola Nova”, propunha-se mudanças no método pedagógico e na discussão sobre a formação global do aluno e a relação de sua vida na sociedade. O movimento foi chamado de “O Manifesto dos Pioneiros da Educação Nova”, e teve seu texto base redigido por Fernando de Azevedo, expoente da revolução e fundador da Biblioteca Pedagógica Brasileira. (Souza et al. 2009).

Com o crescimento das escolas, a arquitetura escolar teve seus rumos transformados. Um grande contingente de alunos foi abarcado pelos edifícios escolares, tornando-os inadequados e insuficientes. Com a mudança no método pedagógico e o aumento do turno escolar, os ambientes escolares além de suas capacidades aumentadas, tiveram novas necessidades educacionais, tais como quadras poliesportivas, laboratórios, refeitório e

biblioteca. Houve, então, a preocupação com o edifício em si, dando abertura aos arquitetos de projetarem espaços cada vez mais multifuncionais.

3.1 Escola Viva

A exemplo de uma escola de tempo integral, o projeto “Escola Viva”, implementado pelo Governo do Estado do Espírito Santo, procura atender a estas novas demandas educacionais dos tempos modernos. Com sede no bairro São Pedro, Vitória - ES, a primeira unidade do novo modelo “Escola Viva” foi adaptada em uma antiga faculdade. A unidade possui 2 edifícios pedagógicos com, atualmente, 14 salas de aula em funcionamento, além de laboratórios de química, matemática, biologia e artes, como mostrado na Figura 1 a seguir.



Figura 1. Setorização e implantação da Escola Viva.

O período letivo é de 9h30min diários, incluídos refeição (1h20min) e lanche (dois intervalos de 20min cada). Além das disciplinas regulamentadas pelo Ministério da Educação e Cultura, o aluno pode escolher matérias como música, teatro, cinema, empreendedorismo e fotografia, atividades estas a serem desenvolvidas no pavilhão de laboratório (05).

4. ANÁLISES

4.1 Análise quantitativa

Entende-se por análise quantitativa levantamento de dados referentes aos aspectos físico-ambientais do espaço estudado. Considerou-se relevantes medições dos parâmetros ambientais das variáveis de temperatura, iluminação e nível de ruído.

Todas as salas de aula analisadas possuem os seguintes materiais de acabamento: paredes (de bloco cerâmico não estrutural) rebocadas pintadas de branco, piso de granilite polido e placas de gesso perfuradas no forro. O sistema de iluminação artificial, das salas analisadas,

é composto por 8 luminárias de 2 lâmpadas fluorescentes de 40w cada, distribuídas uniformemente pela sala. Há presença de ventiladores.



Figura 2. Planta baixa esquemática de salas analisadas.

Segundo figura 2, mostrada acima, a sala de aula 11 localiza-se no 2º pavimento do Pavilhão de salas de aula, possui 50m² e orientação solar de sua face exterior voltada para sudeste. Há janelas inseridas em faces opostas entre si, sem presença de brises. A sala de aula 14 localiza-se no 3º pavimento do Pavilhão de salas de aula, possui 50m² e orientação solar de sua face exterior voltada para noroeste. Há janelas inseridas em faces opostas entre si, com presença de brises na face exterior. A sala de aula 1 localiza-se no 2º pavimento do Pavilhão de laboratórios, possui 60m² e orientação solar de sua face exterior voltada para noroeste. Há janelas com película escura inseridas na face externa, sem presença de brises.

Segundo análise feita, os índices de temperatura, umidade relativa, iluminância e acústica das salas de aula estão indicados na Tabela 5 a seguir. Os dados climáticos no dia de medição eram de 28°C de temperatura externa e 60% de umidade relativa segundo Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos.

Tabela 5. Dados obtidos através de indicadores de qualidade ambiental.

ESCOLA VIVA										
AMBIENTE	TEMPERATURA (°C)*			UMIDADE RELATIVA (%)**	ILUMINÂNCIA (lux)***			ACÚSTICA (dB)****		
	Mín.	Máx.	Média	Média	Parede quadro	Meio sala	Parede fundos	Mín.	Máx.	Média
Sala 11	30,6	31	30,77	56,45	350	400	485	60,00	67,50	63,77
Sala 14	30,5	30,6	30,53	56,125	348	380	236	64,00	68,00	65,67
Sala 01	30,2	30,2	30,20	60,25	620	96	140	69,00	80,00	74,63

*Medição com anemômetro a 80cm do piso - 3 pontos da sala de aula (janelas abertas e ventiladores ligados)

**Quatro medições sucessivas intervaladas de 5min com aparelho a 80cm do piso - 4 pontos da sala de aula

***Medição com luxímetro em plano de trabalho horizontal a 80cm do piso - 3 pontos da sala de aula (com iluminação artificial)

****Medição com decibelímetro a uma distância de 150cm do piso e longe de superfícies refletoras de ondas sonoras - 3 pontos afastados entre si de, no mínimo, 50cm

Segundo indicadores de qualidade ambiental, as salas de aula analisadas, em média, possuem orientação ineficiente segundo ventos dominantes, sendo preciso o uso de ventiladores durante o período de uso, provocando prejuízos na renovação de ar. Os materiais de fachada são de bloco cerâmico de 9cm, argamassados interna e externamente, pintados ambos os lados de branco com transmitância térmica de 2,46 W/(m²K) (Anexo nº 50 INMETRO/2013), configurando média transmitância térmica, contribuindo para o aumento moderado da carga térmica do edifício. As aberturas de janelas, quando não

protegidas por brises, causam ofuscamento moderado. Os índices de iluminância perto do quadro, conforme Tabela 5, ficaram abaixo do permitido, causando desconforto. A posição das janelas, em média, é adequada, entretanto a entrada de luz solar é ineficiente, sendo preciso uso de iluminação artificial. As luminárias utilizadas são embutidas no gesso e não são eficientes, direcionando o feixe de luz somente em uma direção, provocando pontos de baixa iluminância em sala.

Foram considerados dois parâmetros para avaliação acústica das salas de aula, sendo eles: condicionamento acústico e ruído externo. Por possuírem revestimento acústico no teto, as salas de aula atendem ao parâmetro de condicionamento acústico, diminuindo a reflexão do som e aumentando sua inteligibilidade. Todavia, quando analisadas sob a ótica de ruídos externos, os ambientes analisados não atendem a este parâmetro, devido as circulações do edifício estarem anexas às salas, potencializado pelo fato de haver janelas voltadas para a circulação, prejudicando o isolamento acústico destes ambientes. Os níveis de ruído obtidos estão acima do permitido segundo Norma, de 40dB e 50dB.

Como principais falhas, pode-se destacar a alta temperatura interna e o baixo índice de iluminância nas salas de aula analisadas. A respeito da baixa qualidade térmica, a quantidade de alunos em sala, aumentando a carga térmica interna, e ineficiência da orientação das aberturas para os ventos dominantes contribuem para o aumento da temperatura destas salas, como mostrado na Tabela 5. Em relação à qualidade lumínica, a ineficiência das lâmpadas utilizadas e o pequeno espaçamento entre lâminas dos brises externos, quando existentes, provocam um ambiente inadequado luminicamente.

4.2 Análise qualitativa

Entende-se por análise qualitativa, a responsável por indicar a qualidade do espaço através da percepção pessoal. Considerou-se importante esta análise por gerar resultados diretamente do cotidiano dos alunos, revelando as sensações sentidas por eles no que diz respeito à qualidade ambiental. Foi realizado questionário aos alunos relacionado à qualidade acústica, lumínica e térmica dos ambientes utilizados na escola. O formulário aplicado obteve amostra de 10% dos alunos da escola e foi realizado ao longo de um período de 30 dias.

Estudos realizados sobre a análise comportamental de pessoas em edifícios não climatizados e não climatizados, mostram maior aceitação e tolerância térmica dos ocupantes destes edifícios ventilados naturalmente (Dear et al, 2002). Através das respostas obtidas na aplicação do questionário, percebe-se esta tolerância por parte dos ocupantes em relação à qualidade ambiental dos espaços analisados, com 45,8% dos entrevistados considerando a temperatura interna boa.

Como considera a temperatura em sala de aula? A ventilação em sala de aula é:

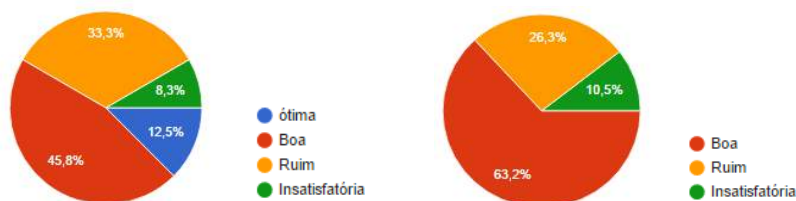


Figura 3. Gráfico de resposta de temperatura e ventilação em sala de aula.

A partir do dado obtido no quesito iluminação artificial (sobre necessidade de acionamento durante o dia), com 62,5% das respostas afirmando ser necessário uso de iluminação artificial, confirmou-se que a iluminação natural não é eficiente, contribuindo para maior gasto energético do edifício. No que diz respeito ao conforto acústico (sobre necessidade de fechar portas e janelas por causa do ruído externo), 62,5% confirma o incômodo causado por ruídos, não atendendo aos indicadores de qualidade acústica.

4.3 Comparação da Escola Viva com outros modelos escolares

Para comparações da Escola Viva com outros modelos escolares três escolas municipais da região da Grande Vitória, analisadas em pesquisa anterior, realizada pelo grupo Arqcidade, da Universidade Vila Velha. As escolas analisadas funcionam durante os 3 turnos, de forma não integral, com alunos de 7 a 14 anos, em média.

As análises feitas destas três escolas foram realizadas em cenários ambientais, caracterizados por dias de céu aberto, mesmo turno de medição e época do ano semelhantes ao da análise da Escola Viva. Entretanto, os dados obtidos da análise anterior, das três escolas, foram obtidos através de, em média, três medições locais. As comparações estão descritas conforme Tabela 6 abaixo.

Tabela 6. Comparativo de indicadores de qualidade ambiental entre Escola Viva e escolas municipais da Grande Vitória.

COMPARATIVO				
ESCOLA	TEMPERATURA (°C)	ILUMINÂNCIA (lux)		ACÚSTICA (dB)
	Média	Parede quadro	Meio da sala	Média
Escola Viva	30,50	439,33	292,00	68,02
Escola 01	29,33	438,00	360,00	79,00
Escola 02	31,20	405	405	71,30
Escola 03	29,50	660,00	-	70,00

Segundo Tabela 6, os índices de temperatura da Escola Viva estão na média das outras escolas analisadas, com valores acima do estipulado na Tabela 1 (Indicadores de qualidade térmica), entre 23°C e 26°C. Quando comparados os índices de iluminância, a Escola Viva obteve resultados piores, em geral, com 292lux no plano de trabalho, valor abaixo das outras unidades escolares e fora dos índices mínimos de iluminância geral, 300lux segundo NBR 5413/1992. Isto se deve ao fato de os brises da Escola Viva terem espaçamento menor quando comparados aos de outras escolas, fazendo com que a entrada de luz natural seja prejudicada. Ao ser comparada nos quesitos de qualidade acústica, a Escola Viva obteve valores menores que as escolas comparadas. Isso se deve ao uso de placas acústicas como revestimento de forro, entretanto, encontra-se acima do estipulado na Tabela 2 (Indicadores de qualidade acústica).

5. CONCLUSÃO

Mesmo com resultados abaixo dos valores estipulados pelos indicadores de qualidade ambiental, houve melhora quando a Escola Viva é comparada a outros edifícios escolares municipais no que diz respeito ao espaço físico e conforto acústico. A estrutura física da Escola Viva se adequa de maneira eficaz ao modelo pedagógico. As salas de aula são bem dimensionadas e atendem, em número, a quantidade de alunos. A setorização dos espaços

escolares – salas de aula, laboratórios e quadras esportivas distantes entre si – colaboram para o sistema de troca de sala de aula feita pelos alunos e distancia as salas de aula de geradores de ruído, como a quadra poliesportiva, por exemplo. Como medidas de intervenção para assegurar a qualidade ambiental nas salas de aula analisadas, pode-se destacar medidas como:

- Aumento do espaçamento das lâminas dos brises e sua angulação de forma a aumentar a entrada de luz indireta e potencializar a ventilação natural;
- Substituição das luminárias de teto por peças mais eficientes, potencializando a razão do fluxo luminoso emitido pela luminária e a lâmpada;
- Redistribuição das luminárias no teto, garantindo ambiente iluminado de forma uniforme, com destaque nos planos de trabalho, como quadro e carteiras dos alunos;
- Substituição das janelas voltadas para o corredor por aberturas altas, utilizando os princípios de ventilação no forro.

No que diz respeito à garantia da qualidade dos espaços, a Escola Viva ainda não satisfaz aos indicadores de qualidade ambiental desenvolvidos neste artigo, se equiparando aos modelos escolares até então utilizados, não havendo preocupação específica com o conforto ambiental do espaço escolar. Questões como temperatura interna e índices de iluminância obtiverem piores resultados, necessitando de melhorias na estrutura física, a fim de garantir o conforto ambiental, tendo em vista sua importância no processo de ensino-aprendizagem.

REFERÊNCIAS

- Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). 2003. *Resolução nº 9*. Rio Janeiro
- Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). 2014. *Conforto Ambiental em estabelecimentos assistenciais de saúde*. Brasília
- Alvarez, C. E. & Paneto, G. G. 2007. *Apostila de conforto I e II: Térmico, acústico, lumínico, ar condicionado*. Vitória: UFES
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). 1987. *NBR- 10152: Níveis de Ruído para conforto acústico*. Rio de Janeiro
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). 1992. *NBR- 5413: Iluminância de Interiores*. Rio de Janeiro
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). 2003. *NBR- 15220 Desempenho térmico de edificações Parte 1: Definições, símbolos e unidades*. Rio de Janeiro
- Carmo, L. I. C. 1999. *Efeitos do ruído ambiental no organismo humano e suas manifestações auditivas*. Goiânia
- Dear, R. J & Brager, G. S. 2002. *Thermal comfort in naturally ventilated buildings: revisions to ASHRAE Standard 55*. Disponível em: <<http://goo.gl/iuh4Qv>>. Acesso em: 4 ago. 2016.
- Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO). 2003. *Anexo Geral V – Catálogo de Propriedades Térmicas de Paredes, Coberturas e Vidros*
- Kowaltowski, D. C. K. 2011. *Arquitetura escolar, o projeto do ambiente de ensino*. São Paulo: Oficina de Textos
- Lamberts, R.; Dutra, L. & Pereira, F.O.R. 2014. *Eficiência Energética na Arquitetura*. Rio de Janeiro: ELETROBRAS
- Santos, U. de P. & Santos, M. P. 2000. *Caderno de Saúde do Trabalhador - Exposição a ruído: efeitos na saúde e como preveni-los*. São Paulo: Instituto Nacional de Saúde no Trabalho
- Souza, R. A. & Martineli, T. A. P. 2009. Histedbr on-line. *Considerações históricas sobre a influência de John Dewey no pensamento pedagógico brasileiro*. n. 35. p.160-162



Escolas e Sustentabilidade: Projetando estratégias para uma arquitetura mais sustentável

Alessandra Bonotto Hoffmann Paim

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, NORIE, Porto Alegre (RS), Brasil
alebhp@gmail.com

Amanda Coffi Andrade

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, NORIE, Porto Alegre (RS), Brasil
amandacoffiandrade@gmail.com

Desireé Kuhn

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, NORIE, Porto Alegre (RS), Brasil
desireekuhn@gmail.com

Miguel Aloysio Sattler

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, NORIE, Porto Alegre (RS), Brasil
masattler@gmail.com

Thaís Stumpf Trezn

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, NORIE, Porto Alegre (RS), Brasil
thais.st.arq@gmail.com

RESUMO: O conceito de “algo” mais sustentável, que tenta avançar no sentido de uma definição ampla da sustentabilidade, inclui diversos aspectos, dentre eles os aspectos econômicos, sociais, culturais e ambientais. Uma escola mais sustentável é inclusiva, valoriza a diversidade, respeita os direitos humanos e aspira promover uma melhor qualidade de vida a todas as espécies; promove a saúde das pessoas e do meio ambiente; permite acessibilidade e mobilidade para todos; estimula a participação e o compartilhamento de responsabilidades; promove a educação integral, que estimula a adoção de saberes e práticas pautadas no prazer de aprender e de cuidar de si mesmo, dos outros e do ambiente. Assim o conceito de uma Escola Verde é apresentado, com uma abordagem sistemática da sustentabilidade auxiliando no processo de projeto de escolas, onde a escola é pensada como um centro de inovação e consciência ambiental que irá torná-la um promotor do desenvolvimento sustentável. O artigo inicia com uma breve apresentação da arquitetura escolar brasileira. É seguido por uma pesquisa teórica, revisando os princípios orientadores apresentados nos padrões de projeto de Christopher Alexander, Doris Kowaltowski e Jason Maclennan. Esta avaliação permitiu a sistematização de estratégias de projeto em sete categorias: (a) implantação; (b) mobilidade; (c) materiais; (d) água; (e) energia; (f) vegetação e agricultura; (g) infraestrutura verde. Por fim, dois estudos serão apresentados em relação à implementação de tais estratégias em um objeto empírico para a Escola Alvarenga Peixoto, que será construída na Ilha Grande dos Marinheiros, em Porto Alegre, RS, Brazil.

Palavras-chave *Arquitetura, Escola, Sustentabilidade, Estratégias, Projeto.*

1. INTRODUÇÃO

A ideia de padrões de projeto para a arquitetura surgiu em 1977, com o livro *A Pattern Language*, de Christopher Alexander, que pretende através destes padrões criar modelos que sirvam como pontos de partida para a adaptação às condições locais em um processo mais amplo de criação do ambiente construído e do espaço, ao qual está em constante evolução e mutação. Neste sentido Sachs (1993) afirma que só é possível entender a sustentabilidade em toda a sua abrangência se avaliarmos as suas diversas dimensões (social, econômica, ecológica, espacial e cultural). Logo, o conceito de escola mais sustentável deve considerar todos estes aspectos e entender que é o lugar onde se pode ensinar sobre os ambientes naturais e as relações com os ambientes construídos, suas características, princípios, benefícios, respeito e, sobretudo, a relevância para o bem estar humano. Segundo Souza (2009) a escola deve ter como objetivo o desenvolvimento de um ser autônomo, capaz de ver-se como parte integrante do meio e auto avaliar suas ações e consequências à sobrevivência da espécie humana. A partir da escola, pensada como um centro de inovação e consciência ambiental é possível disseminar saberes e práticas mais sustentáveis para as comunidades locais, com efeito multiplicador. Sendo assim, a escola possui um papel proeminente para a promoção da sustentabilidade.

Dentro desta perspectiva na tentativa de encontrar uma resposta para como fazemos escolas mais sustentáveis, o objetivo principal desta pesquisa foi identificar os padrões de projeto para escolas, através da revisão de literatura de três grandes autores, Christopher Alexander (1977), Doris Kowaltowski (2011) e Jason Maclennan (2000), identificando 86 padrões de projeto subdividido em sete categorias principais de estratégias (implantação; mobilidade; materiais; água; energia; vegetação e agricultura; infraestrutura verde), gerando como resultado uma lista de padrões projetuais aplicáveis à escolas. Nosso estudo empírico foi aplicado para a Escola Alvarenga Peixoto, que será construída na Iha Grande dos Marinheiros, em Porto Alegre, RS, Brasil.

2. DEFINIÇÕES

A partir da abordagem sistêmica da sustentabilidade, o processo de projeto de escolas que sejam mais sustentáveis, torna-se um facilitador para o desenvolvimento sustentável local e global. Desta forma, duas definições são importantes para o desenvolvimento deste artigo: (i) escola sustentável e (ii) padrões de projeto.

Uma escola sustentável é uma escola inclusiva, que valoriza a diversidade, respeita os direitos humanos, visa proporcionar a qualidade de vida de todas as espécies e objetiva, conforme na figura abaixo:



Figura 1. Papel de uma Escola mais sustentável. Fonte: Brasil, 2012.

Padrões de projetos podem ser descritos como representações de situações provadas no mundo real. Desta forma, cada padrão, em dada escala de intervenção, surge a partir de necessidades humanas no ambiente construído, e são expressos através de proposições (Moehlecke, 2010). Conforme Alexander et. al. (1977), os padrões: *“descrevem um problema que ocorre uma e outra vez em nosso meio, para descrever, depois, o núcleo da solução para este problema, de tal maneira que essa solução possa ser usada mais de um milhão de vezes, sem o fazer, sequer duas vezes, da mesma forma”*.

Dessa forma, o entendimento de padrão de projeto para esta pesquisa se refere a uma solução recorrente, e esta solução pode ser repetida ‘n’ vezes, sem que nunca se necessite reproduzi-la exatamente (Moehlecke, 2010).

2.1 Breve histórico da arquitetura escolar brasileira

Desde os anos 50, a questão da demanda escolar tornou-se cada vez mais crítica em muitos Estados. A arquitetura escolar vivida pelo Brasil na década de 1950 e início de 1960 exigia uma nova concepção, com prédios educacionais que aplicassem as novas técnicas construtivas, como os elementos pré-fabricados (Artigas, 1999). Nos anos 1960, as referências arquitetônicas estavam consolidadas com os preceitos da arquitetura moderna (Buffa e Pinto, 2002; Kowaltowski, 2011). No Estado de São Paulo, por exemplo, não era tarefa simples pensar numa rede de escolas, definir quantas e onde seriam e a quem atenderiam. Também era preciso saber quanto custariam, pois a verba era limitada. Para vencer esses desafios, o novo sistema de construções escolares era simplificado (Kowaltowski, 2011). No Rio Grande do Sul, são conhecidas as famosas “brizoletas”, construídas ainda durante a gestão do governo do estado por Leonel Brizola, do Partido Trabalhista Brasileiro (1959-1963), quando o projeto educacional “nenhuma criança sem escola no Rio Grande do Sul” resultou em significativa expansão quantitativa do sistema de ensino público do estado, de prédios simples e construções rápidas.

Assim, as edificações escolares dos últimos trinta anos, na maioria dos estados brasileiros, apresentam arquitetura bastante padronizada. Contudo, a padronização nem sempre leva em conta situações locais específicas, o que inevitavelmente resulta em ambientes escolares desfavoráveis, com problemas de conforto ambiental, por exemplo. O projeto padronizado de escolas é uma prática comum em políticas públicas de interesse social, e usam programas de necessidades padronizados estipulados pelos órgãos administrativos de equipamentos urbanos. Normalmente, o partido arquitetônico procura atender aos objetivos econômicos, à racionalidade construtiva e à funcionalidade (Kowaltowski, 2011). Ainda segundo Kowaltowski, os argumentos apontados a favor da padronização são: economia pela produção em massa; redução de custo de projeto; e o tempo de elaboração. Ainda, outro fator comumente ligado ao uso de projetos padrão nas escolas é o desejo de que sejam identificadas a uma determinada administração, ou a um determinado momento político.

No Brasil, os argumentos contra a utilização de projetos padrão são pouco divulgados nas discussões sobre arquitetura escolar. A standardização de projetos é criticada por não levar em conta as particularidades do local, além da falta de uma adequação as conjunturas específicas. Kowaltowski argumenta que os dados demonstram que o projeto padrão desencadeia a proliferação de falhas, quando deveria ocorrer exatamente o processo inverso (Kowaltowski, 2011). O principal aspecto ignorado pelos projetos padrão

é a implantação (Barros, 2002). “A inserção de conceitos de educação ambiental na concepção enfatiza a relação do ser humano com a natureza e a necessidade de que ela ocorra de forma sustentável, proporcionando aos usuários uma experiência por todo o espaço” (SATTLE, 2015). Portanto, são necessárias diretrizes básicas para a elaboração de projetos de escolas alinhadas aos princípios da sustentabilidade, e que estes se baseiam em pesquisas técnicas e científicas para determinar as especificações para produzir espaços melhores.

2.2 Revisão dos padrões de projeto orientados para escolas mais sustentáveis

A abordagem da sustentabilidade na fase de concepção da escola torna-se presente no respeito pelas características ambientais locais e na sua implantação - ventos, radiação solar disponível, topografia e vegetação existentes - e fazendo o uso dos recursos naturais (materiais locais, a água da chuva e produção local de alimentos) e dos fluxos cíclicos de energia e materiais, tais como águas pluviais, águas residuais, alimentos, compostagem, entre outros (SATTLE, 2015). Algumas abordagens se destacam nesta temática, dentre elas podemos citar os autores Doris Kowaltowski, Jason Maclennan e Christopher Alexander - referenciais teóricos desta pesquisa.

Doris Catharine Cornélie Knatz Kowaltowski é nascida na Alemanha, Ph.D. em Arquitetura pela College of Environmental Design University of California, Berkeley e Professora Titular da Universidade Estadual de Campinas. Em sua obra, intitulada “Arquitetura Escolar - O Projeto do Ambiente de Ensino”, a arquiteta e pesquisadora traz à tona o dissenso sobre a real interferência de diferentes áreas de conhecimento na educação, e apresenta uma relação fundamental entre aprendizado e arquitetura (Kowaltowski, 2011).

Jason Maclennan é considerado um dos indivíduos mais influentes no movimento de construção verde atualmente. Seu trabalho tem um forte impacto sobre as construções verdes nos Estados Unidos e no Canadá, ao mesmo tempo que presta consultorias ao redor do mundo. Maclennan é CEO do Living Future Institute - uma importante ONG que incide sobre a transformação para um mundo que pretende ser socialmente justo, culturalmente rico e ecologicamente restaurador. Jason é criador do Living Building Challenge, considerado programa de edifício verde mais progressivo e rigoroso do mundo. Seu trabalho no campo do design sustentável, intitulado “A filosofia do desenho sustentável” é uma obra bastante difundida nas universidades, em especial na Europa, América do Norte e Ásia. A obra de Maclennan que serviu de base para esta pesquisa trata de padrões centrados na criança, intitulado “Child-Centered Planning”.

Christopher Alexander nascido em Viena, Áustria (1936), foi criado na Inglaterra, Bacharel em Arquitetura e mestrado em Matemática pela Universidade de Cambridge PhD em Arquitetura pela Universidade de Harvard. Alexander é um arquiteto praticante, construtor, e Professor Emérito de Arquitetura da Universidade da Califórnia, Berkeley. Ele também é o autor de numerosos artigos e livros, incluindo o livro intitulado *A Pattern Language* (1977), um trabalho seminal para diversas áreas do conhecimento.

A partir da revisão do objeto teórico, procedeu-se uma avaliação dos padrões contidos em cada obra e a relação com a temática das escolas. Esta avaliação permitiu a sistematização de estratégias em sete categorias, que abordam os seguintes temas: (a) implantação; (b) mobilidade; (c) materiais; (d) água; (e) energia; (f) vegetação e agricultura; (g)

infraestrutura Verde. Sendo assim, o produto da revisão de padrões de projeto que orientem a concepção de escolas mais sustentáveis, baseadas nas obras de Doris Kowaltowski, Jason Maclennan e Christopher Alexander concebeu uma lista de 86 padrões, a qual está disposta no anexo.

3. ESTUDO EMPÍRICO

Os presentes estudos foram desenvolvidos na disciplina de Projetos Regenerativos, do Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (PPGEC/NORIE - UFRGS), em 2015, em parceria com a Secretaria de Educação do Estado do Rio Grande do Sul, para a nova sede da Escola Alvarenga Peixoto, Porto Alegre/RS.

3.1 Propostas

Os dois projetos, que serão apresentados a seguir, seguem a Lista de Padrões concebida nesta pesquisa como princípio norteador, e foi elaborada uma tabela sintetizando os princípios aplicados de acordo com as estratégias abordadas anteriormente.

Tabela 1. Estratégias de Sustentabilidade Aplicadas nos Projetos

Categoria	Escola 4 Elementos	Escola Verde
Implantação	<ul style="list-style-type: none"> - Edifício pensado na escala humana e escala da criança (apenas dois pavimentos) (2, 6) - Eixo Norte-Sul, linha de visão clara, espaço aberto e de convivência (2) - Atividades descentralizadas (3) - Áreas abertas a comunidade (4) - Foyer e hall de entrada coberto e aberto (5, 13) - Edifícios coloridos e de tamanhos diferentes, utilizados como instrumentos de ensino (7) - Salas de aula com contato com exterior (8) - Vários pátios e lugares para contemplação e aulas expositivas externas (9) - Relógio do Sol (10) - Pátio aberto ligado ao anfiteatro (11, 14, 17) - Salas modulares, vários layouts, multifuncional (12, 14) - Laboratórios para artes, dança, etc (15, 16) - Espaços de exposição espalhados em todos os espaços de uso comum (16) - Implantação em U, pátio central (18, 20) - Ventilação natural e cruzada (21) 	<ul style="list-style-type: none"> - Escala humana (dois pavimentos) (2, 6) - Grande área de convívio no centro do lote, as edificações foram projetadas no seu perímetro (17, 18, 20) - Atividades descentralizadas (3) - Eixo Leste-Oeste (2) - Edifícios de vários formatos e tamanhos (7) - Ventilação natural e cruzada (21) - Salas de aula possibilitam a mudança de layout interno e tem contato com o exterior (8, 12, 14) - o prédio do acesso principal sob pilotis, o que resultou em um ambiente aberto/coberto, de livre circulação no térreo, e no segundo pavimento, um espaço que permite um campo de visão completo de toda a área escolar (2, 5, 13) - Uso das edificações como instrumentos de ensino
Mobilidade	<ul style="list-style-type: none"> - Acessibilidade universal (22, 26) - Identidade visual (4E) (23) - Banco de grama, anfiteatro, escada-assento (24, 38) - Passarelas protegidas (25) - Passeios e caminhos largos (29) - Trilha de interpretação ambiental (30) - Bicicletário e estacionamento pequeno e descentralizado (30, 32, 35) - Traffic Calming nas ruas próximas à escola (22, 33, 34) - Caminhos cobertos com pérgolas (36, 37) - Pátio coberto e descoberto para prática de 	<ul style="list-style-type: none"> - Acessibilidade universal (22,26) - Para conectar uma edificação à outra, caminhos verdes e sinuosos protegidos por pérgolas (36, 37) - Traffic calming nas ruas próximas à escola (22, 33, 34) - Estacionamento descentralizado e Bicicletário (30,32, 35) - Passeios e caminhos largos (29) - Pátio coberto e descoberto para prática de esportes e playground (31)

	esportes e playground (31)	
Materiais	- Tratamento de esgoto aparente (39)	- Tratamento de esgoto aparente (39)
	- Materiais fora da <i>Red List</i> (41)	- Materiais fora da <i>Red List</i> (41)
	- Materiais locais, naturais e reciclados quando possível (47)	- Materiais locais, naturais e reciclados quando possível (47)
	- Wi-fi, totens com painéis interativos (43)	- Mobiliário ergonômico e confortável (44)
	- Mobiliário ergonômico e confortável (44)	- Materiais de fácil manutenção e protegidos das intempéries para uma maior durabilidade (49)
	- Jardins pluviais, leitos de evapotranspiração e hortas com flores comestíveis (46)	- Uso de brises para controlar a incidência solar, principalmente nas fachadas voltadas para leste/oeste (49, 51)
	- Materiais de fácil manutenção e protegidos das intempéries para uma maior durabilidade (49)	- Prédios afastados para não gerar sombreamento (53)
	- Uso de brises para controlar a incidência solar, principalmente nas fachadas voltadas para leste/oeste (49, 51)	- Esquadrias de madeira (52)
	- Prédios afastados para não gerar sombreamento (53)	- Uso de tijolos e telhas feitas à frio e de olarias locais (50)
	- Esquadrias de madeira (52)	- Jardins de flores e espécies nativas acompanhando os caminhos (45, 46)
	- Piso elevado (ventilação, permeabilidade, umidade, proteção contra enchentes (54)	
		- Espelho d'água de fácil acesso (55, 56, 57)
	Água	- Jardim pluvial (57)
	- Tratamento do esgoto por zona de raízes	
Energia	- Captação de energia solar e eólica (64)	
	- salas de aula voltadas para a orientação norte/sul, iluminação natural (59, 60, 61)	
Vegetação e Agricultura	- Horta escolar e pomar (67, 68, 73, 75, 76)	
	- Áreas verdes nativas com trilha de interpretação ambiental (65, 66)	
	- Refeitório coberto e descoberto (70)	
	- Todos edifícios possuem contato visual interior/exterior (72)	
	- Trepadeiras nas pérgolas (77)	
Infraestrutura Verde	- Seleção e separação dos resíduos sólidos (83)	
	- Passeios e caminhos sinuosos (81)	
	- Pisos drenantes (82, 85)	
	- Telhado verde (84)	
	- Captação de águas pluviais (86)	
	- Jardim das sensações (80)	
	- Balanços e playgrounds (79)	
	- Passeios e caminhos sinuosos (81)	
	- Pisos drenantes (82, 85)	
	- Telhado verde (84)	
	- Captação de águas pluviais (86)	

A Secretaria de Educação do Estado do Rio Grande do Sul passou aos alunos da disciplina um programa de necessidades detalhado e elaborado para suprir as necessidades da atual sede da EEEF Alvarenga Peixoto. Neste programa estão especificados: 32 salas de aula (700 alunos), salas de informática, laboratórios, salas multiuso, biblioteca, cozinha com refeitório, ginásio coberto, auditório, e administrativo e serviços (sanitários, sala de professores, etc).

3.1.1 Escola Quatro Elementos

Como o nome já diz, o conceito desta proposta são os quatro elementos naturais: água, fogo, terra e ar. Estes são encontrados em diferentes pontos da escola, como por exemplo, o espelho d'água, o relógio solar, a horta e os espaços livres, respectivamente. O acesso da escola pelos alunos se dá, principalmente, pelo portão 01. O acesso 02 é destinado aos veículos, e o acesso 03 direciona os usuários aos ambientes de uso comunitário, como o ginásio, por exemplo (fig. 2).



Figura 2. Implantação – Escola 4 Elementos. Fonte: Dos autores, 2015.



Figura 3. Módulo Classe de Aula – Escola 4 Elementos. Fonte: Dos autores, 2015.

Toda as edificações, bem como sua estrutura, foram projetadas com o uso da madeira (fig. 4), pois este é um produto sustentável (se acompanhado de provas documentais que garantam sua origem legal e não predatória), natural e oriundo de uma fonte plenamente renovável - a floresta -, e que deve ser reapresentado à sociedade atual como alternativa ecológica a materiais como metais, plásticos e compostos de cimento.



Figura 4. Acesso Principal – Escola 4 Elementos. Fonte: Dos autores, 2015.

3.1.2 Escola Verde

Nesta proposta para a Escola Alvarenga Peixoto, a intenção era criar um ambiente de total integração, onde a cada passo o ocupante pudesse descobrir algo novo. O ginásio, a biblioteca, o auditório e a administração, que são ambientes de uso da comunidade, localizam-se em linha reta no eixo norte/sul, paralelos a rua que dá acesso a entrada da escola (fig. 5).



Figura 5. Implantação – Escola Verde. Fonte: Dos autores, 2015.

Outro aspecto importante e que caracteriza este projeto, é a criação de duas hortas próximas ao refeitório (fig. 6). Assim, técnicas sustentáveis e sua importância ao meio ambiente podem ser demonstradas e ensinadas aos alunos na rotina diária da escola.



Figura 6. Vista Aérea – Escola Verde. Fonte: Dos autores, 2015.

4. CONCLUSÃO

Conforme a revisão de literatura apresentada, a sustentabilidade aplicada nas escolas possui vários aspectos teóricos e práticos que podem ser aplicados em vários níveis e em diferentes escalas. Alguns aspectos são puramente físicos, outros exigem mudanças sociais e de comportamento. De forma a facilitar o desenvolvimento do projeto de escolas foi concebida uma Lista de Padrões Projetuais para Escolas. A análise das estratégias incorporadas nos projetos escolares apresentados nos estudos empíricos permitiu a compreensão da problemática da inserção da sustentabilidade nas escolas e o exercício da aplicação dos padrões. O desafio que se apresenta é o ensino integral que promova conhecimento dentro e fora das escolas. Para ser verdadeiramente sustentável, a escola deve atuar como ferramenta de ensino para toda comunidade e o edifício construído deve ser uma expressão positiva dos conceitos estudados e servir de exemplo para um futuro melhor.

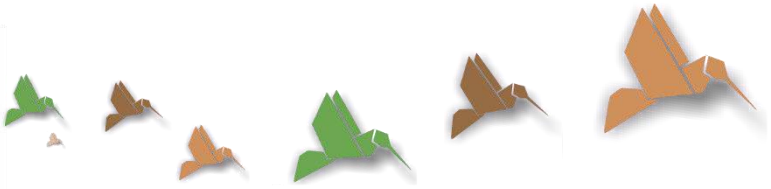
REFERENCES

- Alexander, C.; et. Al. 1977. *A pattern language*. New York: Oxford University Press.
- Artigas, J. B. V. 1999. *Caminhos da Arquitetura*. São Paulo: Cosac & Naify.
- Barros, Lia AF; Kowaltowski, D. 2002. Avaliação de projeto padrão de creche em conjuntos habitacionais de interesse social: o aspecto da implantação. *NUTAU*, v. 2002, p. 243-252.
- Brasil. 2012. *Educação Ambiental*. Brasília: MEC.
- Buffa, E.; Pinto, G.A. 2002. *Arquitetura e Educação: Organização do espaço e propostas pedagógicas dos grupos escolares paulistas, 1893 – 1971*. São Carlos: EdUFSCar, INEP.
- De Quadros, C. 2007. Brizoletas: a ação do governo de Leonel Brizola na educação pública do Rio Grande Do Sul (1959-1963). *Revista Teias*, v. 2, n. 3, p. 12.
- International Living Future Institute. *Living Building Challenge 3.0*. Acesso disponível em <<http://living-future.org/lbc>>. Acesso em: 09 maio. 2016.
- Kowaltowski, D. 2011. *Arquitetura escolar: o projeto do ambiente de ensino*. Brasília: Oficina de textos.
- McLennan, J. F. 2013. *Child-Centered Planning: A New Specialized Pattern Language Tool*. Trim Tab. Living Building Institute.
- McLennan, J. F. 2000. *Living Buildings*. Sustainable Architecture White Papers. New York. pp. 26-27.
- Moehlecke, J. 2011. *Uma contribuição para o desenvolvimento de assentamentos humanos mais sustentáveis: identificação de padrões urbanos relacionados aos princípios de sustentabilidade*. Porto Alegre: UFRGS.
- Sachs, I. 1993. *Estratégias de transição para o século XXI: desenvolvimento e meio ambiente*. São Paulo: Studio Nobel, Fundação do Desenvolvimento Administrativo.
- Sattler, Miguel. 2015. *The Teaching of Sustainable Buildings and Communities in South of Brazil*.
- Souza, J. C. 2009. A relação do homem com o meio ambiente: o que dizem as leis e as propostas de educação para o meio ambiente. *São Paulo: RBDC*, n. 13, p. 107-139.

5. ANEXOS – LISTA DE PADRÕES PROJETUAIS PARA ESCOLAS

IMPLANTAÇÃO			
PADRÃO	DESCRIÇÃO	RECOMENDAÇÕES	
1	A história do lugar	Crianças que compreendem os locais onde vivem, o mais comprometido eles estarão a comemorar e proteger suas regiões.	Ensinar as histórias sociais, ecológicas, climatológicas, arquitetônicas das áreas para as crianças.
2	A visão das crianças e a escala humana	Respeitando a visão das crianças. Para melhorar a visibilidade, segurança e beleza, e proporção, acomodar pessoas que ficam 3-4 m de altura e a escala das pessoas.	Linhas de visão mais claras, barreiras menos restritivas, espaços mais abertos. As alturas de construção, estacionamento, sinalização dentro de limites razoáveis.
3	Serviços descentralizados	Distribuir as comodidades para crianças em toda a escola para garantir que tenham acesso imediato a eles.	Bicicletários, quadras de esporte, arte pública, recursos hídricos, revelar sistemas e playgrounds naturais em toda a área.
4	Programas para crianças	Atividades e currículo em escolas e centros comunitários para educar e inspirar as crianças para a sustentabilidade	Oficinas, aulas temáticas, jogos, etc.
5	Áreas abrigada espera	Concepção de espaços de espera pública abrigadas.	Transformar essas estruturas em mini salas de aula com informação histórica sobre a vizinhança, mini galerias ou centros de comunicação
6	Limite 4 pavimentos	Limitar altura em 4 pavimentos. Isto irá manter os estudantes perto da terra para permitir-lhes ficar ligado aos elementos naturais e humanos no nível do solo.	As crianças nunca estão longe de qualquer coisa que cresce no solo. E, fundamentalmente, todos os edifícios pode ser net zero.
7	Prédios mix tamanho	Qualquer escola que comemora as crianças tem de incluir uma mistura razoável de tamanhos de prédios e tipos.	Planejar uma combinação de estruturas que acomoda todos os alunos. Mantenha todas as unidades maiores mais perto do chão possível.
8	Salas para a rua	Edifícios deve dar às crianças (e os adultos que cuidam deles) acesso visual e físico para o mundo fora de salas de aula.	Projeto salas com vista para a rua em vez de pátios internos sem movimento.
9	Pátios para reflexão	É importante ter lugares que são santuários de reflexão silenciosa e pessoal.	Incluem pátios frequentes ligadas aos espaços públicos que oferecem privacidade acústica e visual da rua.
10	Torre do relógio	Ter um senso de tempo, mesmo se não usar um relógio, é bom para as crianças a se orientar em relação ao chegar na sala na hora certa.	Talvez mais importante, criando um ícone local que ajuda a identificar a escola e proporcionar um local de encontro é essencial.
11	Comunidade local de encontro	Um centro infantil, centro comunitário ou estrutura centralizada onde grupos de crianças podem se reunir para atividades, aniversários e eventos	Incluir pelo menos um edifício do tamanho de uma sala de aula
12	Salas de aula pequenas	Os espaços devem propiciar atividades diversificadas.	Layouts para diferentes tipos de atividades: individuais, em duplas, pequenos grupos, a classe toda; os espaços facilitam o ensino em equipe.
13	Entrada convidativa	Projeto com identidade própria, que distingue a escola e o seu significado na comunidade	Espaço de transição amplo, coberto e conectado à área administrativa da escola e às áreas utilizadas pela comunidade.
14	Espaços flexíveis	Flexibilidade dos espaços construídos, multifuncionais são importantes, assim como atividades diversificadas. A flexibilidade depende da possibilidade de expansão das áreas construídas, de modificação de layout e das funções.	Construção desmontável. Espaços multifuncionais são importantes, assim como atividades diversificadas. A flexibilidade depende da possibilidade de expansão das áreas construídas, de modificação de layout e das funções.
15	Laboratórios de ciências e artes	Áreas destinadas a trabalhos mais "sujeitos", que envolvem água ou tinta (espaços integração interno e externo, como soluções de transição)	Laboratório ativo: layout flexível
16	Arte, música e atuação	Amplio espaço para exposição de atividades artísticas dos alunos	Lugares para apresentações espontâneas; peq. palcos e degraus; atividades multimídia; áreas externas para apresentações.
17	Watering hole space	Watering hole spaces são espaços que estimulam habilidades sociais e de aprendizado colaborativo na formação dos estudantes.	Se distanciam do modelo tradicional de ensino e controle, que desencoraja a interação entre os alunos.
18	Espaço positivo externo	Espaços exteriores não planejados, resultam em "sobras" não utilizadas e negativas. Bons espaços exteriores precisam ser delimitados, mesmo que ao ar livre.	Recomenda que se criem espaços exteriores aos edifícios e entre eles, com certo grau de fechamento, propícios ao convívio e a permanência.
19	Melhorando o terreno	Edificações devem ser construídas em locais onde o terreno não é tão bom, buscando minimizar os danos da intervenção e melhorar a paisagem natural.	Recomenda que se dê preferência para intervenções nos locais do sítio, onde as condições não são tão boas, para tornar todo o conjunto mais equilibrado.
20	Edificações no perímetro	Edificações no perímetro da terreno.	Possibilitar uma grande área de convívio no centro;
21	Ventilação Cruzada	Ventilação cruzada em todos os ambientes;	Todos ambientes com aberturas para que haja ventilação natural cruzada.
MOBILIDADE			
PADRÃO	DESCRIÇÃO	RECOMENDAÇÕES	
22	Passagens seguras	Acessibilidade e segurança nas passagens e cruzamentos das ruas.	Desenvolver mais sinais de passagem interativas com sons, bandeiras coloridas, mudanças de padrão visual e uma série de outras características.
23	Encontrar lugares	Identificar as vias e salas usando iconografia ou paletas de cores dedicadas a ajudar as crianças a navegar com segurança e de forma independente na escola.	Usar pegadas de animais no piso; usar cores diferentes nas portas para usos diferentes, etc.
24	Assentos infantis	Deve apresentar uma variedade de opções de lugares. Essas instalações também irão servir os idosos, as pessoas com desafios de mobilidade e estimular as caminhadas.	Oferecer assentos em várias alturas; estares localizados em todos os ambientes, ruas internas e pátios.
25	A sensação de perigo	Reintroduzir elementos de "perigo seguro" para as escolas para que as crianças aprendam como testar e limites adequados.	Dê-lhes vigas de equilíbrio, tirolesa e aparato de escalada que lhes oferecem conhecimento empírico do que eles podem e não podem fazer.
26	Projeto universal da criança	Expandir sobre o conceito de desenho universal, normalmente idosos e os deficientes físicos, pensando em como adaptar os edifícios para as necessidades das crianças.	Design universal para crianças torna as coisas mais fácil e agradável para os usuários de todas as idades.
29	O passeio amplo	Calçadas generosas criar espaço urbano valioso para atividades infantis e jogos, mobiliário urbano convincente e espaços para árvores.	Calçadas devem ser de pelo menos 2,40m de largura para ser verdadeiramente social.
30	Ciclovias e trilhas	Uma rede de ciclovia separada do sistema automóvel incentiva ciclismo e caminhada, e muda o ritmo e prazer de estar fora. As bicicletas são baratas, saudáveis e boas para o meio ambiente.	Estabelecer uma rede de bicicletas que permite às pessoas se mover através da comunidade até a escola. Construção de ciclovias preferencialmente ao longo de vias locais ou de passeios, buscando a segurança para carros-bicicletas-pedestres.
31	Educação física	Atividades nos espaços internos, incluindo caminhadas, natação recreativa	As áreas tradicionais de esporte devem permitir usos mais variados
32	Estacionamento 9%	Com mais de 9% destinado a estacionamentos não é possível construir um entorno apto para uso pelas pessoas.	Não se permitam estacionamentos superiores a 9%, permitindo o desenvolvimento de entornos mais humanos, mais sociais e ecologicamente adequados.
33	Vias em circuitos fechados	Ninguém deseja um tráfego rápido diante da escola. Embora o tráfego veicular apresente pontos negativos (rápido, ruidoso e perigoso), ele é importante e não pode ser excluído das áreas onde as pessoas vivem.	Recomenda que se tracem vias em forma de laço, ou circuitos fechados e curtos, evitando que os veículos os utilizem apenas como um atalho, fazendo com que o tráfego local seja menos intenso e rápido.
34	Road crossing (obstáculos físicos)	Os veículos têm o poder de assustar e subjugar os pedestres. Delimitações visuais pouco auxílim para oferecer segurança aos pedestres e as pessoas somente se sentirão seguras, ao atravessar a rua, se houver obstáculos físicos	Recomenda que se desenvolvam dispositivos físicos, que reduzam a velocidade do carro e deixem clara a preferência de passagem do pedestre.
35	Pequenos Estacionamentos	Estacionamentos grandes destroem as áreas de terra para uso pelas pessoas.	Recomenda que se façam pequenos estacionamentos, bem distribuídos, contornados por vegetação.
36	Caminhos e metas	Os traçados dos caminhos serão adequados e confortáveis quando forem compatíveis com o processo de caminhar.	Recomenda que se tracem caminhos curtos entre metas e pontos de interesse naturais.
37	Caminho pergolado	Caminhos com pérgulas possuem beleza própria. Esta estratégia consegue, simultaneamente, conformar caminhos e oferecer locais agradáveis, positivos.	Recomenda que se construam caminhos com pérgulas quando existe necessidade de maior proteção ou intimidade, embelezados com plantas trepadeiras.
38	Escadas	Escadas como área de convivência	Fazer escadas abertas e agradáveis;
MATERIAIS			
PADRÃO	DESCRIÇÃO	RECOMENDAÇÕES	
39	Sistemas revelados	Expor aos ocupantes os sistemas que alimentam seus edifícios, ensinando e ajudando a conectá-los ao seu ambiente construído e natural.	Revelar os sistemas de transporte de água, energia e estruturas construtivas para fornecer salas de aula vivas.
40	Criança engenharia	Dar às crianças a oportunidade de participar em sistemas de mudança das escolas para que eles possam observar simples dinâmica de causa e efeito.	Deixe-os experimentar como um curso de água altera quando represado. Mostre as modulações de energia em placas fotovoltaicas em dias ensolarados e chuvosos.
41	Mundo não-tóxico	Eliminar substâncias tóxicas do ambiente construído que rodeia nossas crianças.	Aderir às exigências usando suprimentos e substâncias aprovados para todas as estruturas comunitárias e materiais de infraestrutura.
42	Tranparência	A transparência deve transmitir a ideia de que educação e aprendizagem são visíveis e celebradas na escola. Cria um sentido de acesso livre às dependências da escola.	Salas de aula com visibilidade para áreas de estudos adjacentes, permitindo seu monitoramento pelos professores
43	Tecnologia distribuída	A tecnologia faz parte da nossa vida e não pode ser ignorada no ambiente escolar. Por isso, não pode se restringir a laboratórios ou à sala de computação.	A área da escola deve ter um sistema wireless, para permitir o acesso à informação na escola toda
44	Mobiliário macio para sentar	A maior queixa de alunos nas avaliações pós-ocupação em escolas é sobre o mobiliário, em especial as cadeiras.	Todas as cadeiras escolares devem ser estofadas; na área da escola, devem ser distribuídos assentos confortáveis, para permitir discussões agradáveis e espontâneas.
45	Jardim Selvagem	Jardins que crescem segundo as leis estabelecidas pelo homem são artificiais. Explica que em jardins naturais as plantas se selecionam, são mais saudáveis e apresentam um crescimento mais estável. Dispensam cuidados obsessivos.	Recomenda que se permita que diferentes espécies vegetais cresçam de maneira mais espontânea: misturado-se, sem barreiras entre espécies, sem intenções formalistas e cuidados obsessivos.
46	Jardim de Flores	Reconhece a beleza das flores, ao longo dos caminhos, dos edifícios e dos espaços abertos, mas entende que são lugares que exigem proteção do tráfego. Explica que é preciso ter o cuidado de localizá-las em lugares protegidos e, ao mesmo tempo, onde se possa desfrutar.	Recomenda que se plantem flores nas bordas das edificações, de forma a suavizá-las, que se permita desfrutar de seu cheiro, sem que isso a comprometa.
47	Bons materiais	As edificações têm aderido ao uso de elementos produzidos em série, impessoais e	Recomenda que se empreguem somente materiais biodegradáveis, de baixo consumo

		pouco adaptáveis na obra. Os bons materiais devem ser ecologicamente corretos.	energético, baseados no uso de recursos renováveis, fáceis de cortar e modificar no canteiro de obra.
48	Janelas e portas naturais	Explica que os métodos atuais têm padronizado as soluções, devido a um sistema rígido de construção e a busca por estética formalista.	Recomenda que se recuse usar portas e janelas padronizadas, preferindo que as suas dimensões sejam compatíveis com os espaços às quais se destinam.
49	Paredes Impermeáveis	Explica que a vedação somente será possível se os elementos estiverem unidos de maneira a cooperarem entre si, tornando-se impermeáveis.	Recomenda que os elementos de revestimento exterior sejam de materiais sobrepostos, com boa proteção contra intempéries e de fácil manutenção.
50	Tijolo e telha macios	Produtos industrializados não possibilitam o contato/conexão com o entorno pelo qual estão envolvidos.	Recomenda que se utilizem telhas e tijolos macios e cozidos em fogo lento; que seja permitido fabricá-los no local da obra, utilizando materiais do próprio terreno.
51	Brises	Uso de brises para controlar a incidência solar.	Brises principalmente nas fachadas voltadas para leste e oeste;
52	Esquadrias	Esquadrias com madeira de reflorestamento	Madeira de qualidade obtida através de fontes renováveis, através do reflorestamento de árvores. Garante a obtenção de uma matéria prima ambientalmente sustentável. Distância média de transporte: 100 km
53	Sombreamento	Beirais nas janelas e portas. Outro detalhe é fazer a implantação de forma a um prédio não sombrear o outro.	
54	Inércia térmica	Piso elevado para não haver humidade nos ambientes por capilaridade, isolamento através de camada de ar.	
ÁGUA			
PADRÃO	DESCRIÇÃO		RECOMENDAÇÕES
55	Fontes públicas	As crianças adoram água em movimento.	Oferecer esta diversão e serviço saudável em toda a escola.
56	Fonte nível do solo	Ter a capacidade de rodar através da água é uma delícia. Fontes devem ser ativas e convidá-lo em vez de estar fora dos limites para o jogo.	Projetar fontes públicas que são convidativas e acessíveis, mesmo para cadeiras de rodas.
57	Acesso à água	As pessoas normalmente se sentem atraídas por corpos d'água. Contudo, reconhece que a aproximação a estes locais pode destruí-los. Explica que estradas e indústrias destroem a orla d'água, tornando-a suja e perigosa.	Recomenda que se trate com respeito áreas de águas naturais; que se reservem espaços públicos junto a estas áreas, permitindo que as estradas as cruzem perpendicularmente.
58	Piscinas e córregos	A água tem um papel importante na vida das pessoas e deve estar presente no cotidiano destas. Explica o padrão que a água é escassa em zonas densamente povoadas, muitas vezes sendo encobertos.	Recomenda que se preservem piscinas naturais e arroios, fazendo com que atravessem a cidade, permitindo que as pessoas passem ao longo delas e criando pontes para cruzá-los.
ENERGIA			
PADRÃO	DESCRIÇÃO		RECOMENDAÇÕES
59	Fachada Norte	As pessoas somente usem espaços externos às edificações se estes são ensolarados.	Recomenda que se posicionem as edificações orientação norte/sul do terreno, voltando os espaços abertos, de uso externo, para o norte.
60	Asas de Luz	Edifícios modernos têm dado pouca atenção à luz natural. Apresenta as razões para usar iluminação natural: maior predisposição ao trabalho; os ritmos do corpo dependem da mudança da luz; permite melhor relação com o entorno.	Recomenda que se concebam edificações tão com volumetria que favoreça o predomínio da iluminação natural no ambiente.
61	Luz interna	Os principais espaços de uma edificação estiverem orientadas ao norte*, então serão iluminados, ensolarados e alegres. Explica que, sob o ponto de vista térmico, uma construção que se estende no eixo leste-oeste, conserva adequadamente o calor no inverno e resiste ao aquecimento no verão. Isso proporciona edificações mais agradáveis e de manutenção mais barata.	Recomenda que se disponham as peças mais utilizadas das edificações voltadas para o norte*, estendendo o maior eixo na direção leste-oeste, para aproveitamento ótimo da energia solar.
62	Estufa	Existem muitos esforços para se converter a energia solar. Contudo, o modo mais simples de aproveitar esta energia é converter o calor dentro de uma estufa.	Recomenda que, em climas temperados, prevejam estufas conectadas à casa, com acesso interno e externo.
63	Calor radiante	A energia do sol e do fogo são as melhores classes de calor. Diante das 3 formas de calor (radiação, convecção e condução), entende que o calor por radiação é mais agradável às pessoas e biologicamente mais sensato.	Recomenda que exista, em cada edificação, um processo para aquecer, e que seja um processo essencialmente por radiação.
64	Captação de energia solar	O sistema fotovoltaico é atualmente o mais difundido de todos os sistemas alternativos para a produção de energia elétrica a partir da energia solar, principalmente em instalações de pequeno porte.	Painéis fotovoltaicos no telhado voltados pro lado norte.
VEGETAÇÃO E AGRICULTURA			
PADRÃO	DESCRIÇÃO		RECOMENDAÇÕES
65	Acesso a natureza	Nada deve ficar entre as crianças e o mundo natural.	Garantir que eles tenham acesso direto e permanente com a não-design à base de água, luz do sol, árvores e vistas onde quer que vivam.
66	Biofilia e lugares não estruturados	Adicionar abundantes oportunidades para crianças e adultos para interagir com a natureza, mesmo em meio a ambientes urbanos.	Projeto em torno viveiros, as características da água, fontes, subir em árvores, caixas de areia e qualquer outra coisa que permite aos cidadãos para expandir suas relações com o meio ambiente, em especial nas formas espontâneas.
67	O caçador / recoletores	Crianças rodam de paisagens comestíveis de modo que suas cidades se tornam salas de aula agrícolas.	Estender o conceito em todos os espaços da escola para os estudantes serem capazes de escolher e lanche em qualquer momento. Apenas plantas, espécies não-tóxicas comestíveis, misturando frutas, ervas e plantas resistentes nativas da região.
68	O fazendeiro	Envolver as crianças nos esforços de produção de alimentos locais. Proporcionar às crianças papéis e responsabilidades relacionados com agricultura.	Jardins públicos, consertos e outros recursos para conectar as pessoas com a comida que eles comem, conectando-os uns aos outros e melhorar a resiliência da comunidade.
69	Vendedores de alimentos	Caminhões de sorvete, os vendedores de batata frita e outras concessões informal de alimentos e móveis dar vida e emoção periódica na escola	Permitir e incentivar os vendedores do lado da rua para equipamentos existentes na vizinhança frequentes e parques.
70	Áreas casuais de alimentação	Refeitórios menores, em lugares mais agradáveis, com áreas externas para uso de acordo com o clima	Áreas de refeições com vista para jardins, com móveis mais descontraídos e variação de mesas, cadeiras e até sofá e mesa de centro
71	Vistas interiores e exteriores	Como as atividades escolares acontecem predominantemente em espaços internos, é importante oferecer um horizonte externo maior.	Recomenda-se um campo de visão de, no mínimo, 20m de distância
72	Connection outdoor - indoor	O ser humano pertence ao ar livre por natureza, e as crianças, mais que os adultos, têm uma relação forte com o ambiente externo.	Escola deve ter lugares para trilhas, circuito de corrida, horta e pomar, como extensão dos seus ambientes internos
73	Pomares	Árvores frutíferas enriquecem laços de vizinhança e de comunidade	Pequenos pomares de árvores frutíferas, em jardins e terrenos comuns
74	Locais para animais	Animais são tão importantes para a natureza, como árvores, ervas, flores. É possível reintroduzir animais na ecologia natural das cidades, em um sentido útil.	Reservar parcelas de terras para criar animais e que se habilite um terreno comum, onde o animal possa pastar livremente e não seja necessária a limpeza.
75	Parede vegetada	Nem os jardins privados ou os pequenos parques públicos, oferecem um alívio suficiente ao ruído, caso não estejam bem protegidos.	Recomenda que se levante algum tipo de fechamento, que proteja o interior de jardins das interferências exteriores.
76	Horta de vegetais	Uma cidade saudável, que as escolas podem cultivar as verduras necessárias para seu sustento e aprendizagem.	Recomenda que se reserve um pedaço de terra, para serem destinados à horta, próximo ao refeitório da escola.
77	Trepadeiras	Entende que a edificação se converte em parte de seu entorno, quando as plantas crescem em sua superfície, com tanta liberdade como no solo. As trepadeiras suavizam a transição entre o objeto construído e a paisagem natural.	Recomenda que se permita o crescimento de trepadeiras em fachadas ensolaradas, também em volta de aberturas.; cria-se um tipo de luz filtrada, quebrando a rigidez das sombras; aguça os sentidos; contribui para o conforto dos espaços externos.
INFRAESTRUTURA VERDE			
PADRÃO	DESCRIÇÃO		RECOMENDAÇÕES
78	Colina	Toda criança sabe que há algo excepcionalmente agradável e capacitar sobre estar em terrenos mais altos.	Remodelar parques para criar uma colina ;dar às pessoas uma oportunidade para subir, tobogã ou deslizar.
79	Balanços para todas as idades	Balançar é inebriante.	As escolas precisam de lugares onde todos possam experimentar tal alegria vertiginosa, seja para aliviar o estresse, a união da família ou apenas para a pura diversão.
80	Parques de som	Ajuda os membros da comunidade ouvir a música da natureza através da criação de lugares dedicados onde o som é comemorado e vários sentidos estão envolvidos.	Tambor alimentado por fontes, sinos de vento alimentado pelo vento, ou simplesmente oportunidades para os músicos para executar regularmente.
81	Passeios modelados	Incentivar brincadeiras de criança em locais públicos. Convidar ao esporte, incentivar atividades rítmicas e permitir crianças a liderar o caminho.	O design divertido de padrões de amarelinha, linhas de calçada e outros módulos para o piso da escola.
82	Ruas verdes	O asfalto é usado em demasia. O concreto e o asfalto são prejudiciais ao entorno local. Destroem o micro-clima, não aproveitam a energia solar que incide neles, são desagradáveis para se pisar, comprometem a drenagem natural do terreno.	Recomenda que se façam vias de acesso local com presença predominante de verde, com bom afastamento entre lajotas, favorecendo a drenagem e permitindo o acesso de veículos.
83	Resíduos sólidos	Lixeiras identificadas e separadas em todo complexo escolar. Compostagem dos resíduos orgânicos, junto à horta.	
84	Telhado verde	Uma grande parte da superfície de uma cidade consiste em telhados. Soma-se a isto, o fato de a área total de uma cidade, que pode ser expostas ao sol, ser finita; então, parece natural, e até indispensável, fazer com que telhados tirem proveito do sol.	Recomenda que se executem telhados verdes utilizáveis, reservando espaços para plantar, sentar, dormir, observar.
85	Pisos com fendas entre as pedras	Embora o asfalto seja fácil de limpar, ele não estimula que se caminhe sobre ele, nem permite que a água das chuvas penetrem no solo, de modo a beneficiar as plantas, nem auxiliam na drenagem natural.	Recomenda que se assente lajotas/pedras sobre o solo, com afastamento entre elas, sendo desnecessário o uso de base de cimento
86	Coleta de água pluvial	Coleta da água da chuva para reaproveitamento na irrigação e descargas	



Hospital ambience: Qualification of spaces and perception and environmental awareness

Cristiane N. Silva

Universidade Federal do Rio de Janeiro – Doutorado em Arquitetura - PROARQ /FAU/UFRJ- Rio de Janeiro, Brasil

cristianensilva@gmail.com

Leonardo A. Ferreira

Instituto Israelita Albert Einstein – Pós Graduação Latu Sensu em Engenharia Clínica - Rio de Janeiro, Brasil

leonardo.a.f@outlook.com

ABSTRACT: One of the conceptions of the meaning of the term ambience refers to the pursuit of humanization through the balance of the elements of the environment, whereas, in the aspects of the built environment, the social, political and economic, culture and personal values of each individual which directly affect the perception of these about space. health care environments encompass several limitations of design due to the numerous regulatory provisions and home to a huge diversity of people from different classes, cultures and social positions. Research in environmental psychology have concluded that the characteristics of the hospital physical environment can significantly influence the physical and psychological health of users, ensure welfare conditions that can assist in the recovery of patients, and provide greater insight into the quality of care. Among the physical aspects to be considered in the evaluation of healthcare environments, highlight those related to valuation of environmental elements that interact with people - color, smell, sound, lighting, morphology, and other items that act as modifiers and qualifiers space, stimulating environmental awareness. Given the scope of the aspects to be considered in the apprehension and understanding of ambiances in EAS, this article Atera aspects that may interfere with the qualification of spaces, their possible influences and effects on the perception of ambience these spaces by its users. The study was prepared based on a review of review of hospital ambience and environmental awareness in health care buildings.

Keywords *Ambience, health care buildings, environmental awareness*

1. INTRODUCTION

As regards the environment survey focused on health care spaces, the adoption of the concept as presented by HumanizaSUS mentions the understanding of the design process as an act "beyond mere technical composition, simple and formal environments" (BRAZIL, 2013), as a major and necessary process of learning media habits, spaces, processes and even of people and values in order to adapt the health building projects not only to current legislation but also the effective use of it will be given to the designed spaces. Even if the assumptions made by *Primer Ambiência* the Ministry of Health are inherent to the broader concept of *ambiência*, do not consider more broadly the subjective aspects that are, in order to better achieve their goals related to the humanization of the health care spaces.

Health care spaces, simpler or more complex composition, cover several limitations of design due to the numerous legislative provisions attached to them, are home to a huge diversity of people from different classes, cultures and social positions that historically operate with verticalized power structures, whether due to its administration, services or own relationships between its various users. The study of *ambiência* in this building typology demand to understand how this interferes with the subjects and their interpersonal relationships, and they return the effect of this interference to the spaces and the other individuals around.

Among the physical aspects to be considered in the evaluation of healthcare environments, they are often mentioned, even in *Primer Ambiência* (BRAZIL, 2003), those related to the appreciation of the environmental factors that interact with people - color, smell, sound, lighting, morphology, and other items aimed at the comfortability of users, components that act as modifiers and qualifiers space, stimulating environmental awareness and, when used with balance and harmony, create cozy *ambiência*, providing significant contributions in the health production process. This study aims, through literature review on the topic, expand knowledge of the concept of *ambiência*, as understood by the booklet of the Ministry of Health of Brazil, scoring some of the aspects considered as qualifiers of health spaces and their possible influence and effects on perception the *ambiência* of these spaces by its users.

2. AMBIENCE CONCEPT

One of the conceptions of the meaning of the term *ambiência* is one that refers to the pursuit of humanization through the balance of all the elements of the environment, taking into account not only the aspects of the built environment, but also considering the role and participation of users the decisions that guide the design of these spaces (BRAZIL, 2003). A broader view of *ambiência* considers also, and primarily, the social, political and economic, as well as the culture and personal values of each individual, which directly interferes with the perception of space on attending.

According Bestetti (2014), the *ambiência* of the study brings considerable contributions to the understanding of the physical and emotional conditions of subjective well-being, and it is considered the stimuli to the behavior of subjects inserted in this context, improving your relationship with the spaces. It would then be necessary, be considered in the preparation of any architectural project, the moral environment, besides material means, setting all components in an interrelated system because, considering more than the architectural and

regulatory aspects, it is also required the analysis of environmental conditions perceived by the subjects, since this perception establishing guidance parameters, comfort and environmental quality with which the subjects are identified and can provide leadership and effective participation in activities carried out there.

There is, therefore, to consider the objective values, such as form, function, color, texture, ventilation, temperature, lighting and sound, but you can not do without considering the subjective values acquired on the basis of life experience and culture each person, since these will provide the establishment of the meanings, positive or negative, perceived by these stimuli perceived in relation to the environment as well as in relation to these environments. Ambiences are the material and moral atmosphere that gather thermal sensations, luminous, sound, but also cultural and subjective involving a particular place and its occupants.

Each individual uses spatial media to build their identity and establish their "place" in the world. The place is a concept raised by / for the user in the field of symbolization of experience in the search for identity links. In this process, the experience in place codifies the relations of belonging and structure negative or positive linkages between the user and the environment. Taking in consideration that an atmosphere is a positive condition and that recognition is given by the sharing of multiple sensory experiences that shape a personal identification, we understand that ambience can promote and accelerate the adoption of place through action: the symbolic appropriation and / or material is one of the first user actions of steps in the environment, a condition for a spatial experience. (DUARTE et al, 2008)

Building on the established assumptions, we conclude that the ambience, considered in this way, goes beyond the physical space and is now considered as the set of sensations and perceptions assimilated by each individual on this space, making it a place. One can also conclude that the perception of ambience can be positive or negative, directly influencing the relationship and the feelings of the subject with the same space.

3. AMBIENCE IN HEALTH CARE SPACES

According to Morais et al (2015), research in environmental psychology have concluded that the characteristics of the hospital physical environment can significantly influence the physical and psychological health of users. For these authors, an appropriate hospital environment can ensure not only the welfare conditions that can assist in the recovery of patients, but also improve the evaluations of these on health professionals, increasing their satisfaction with the services provided in institutions and provide greater perception of quality of care. With regard to health workers, these studies demonstrate that an appropriate physical environment may improve performance and job satisfaction. It is essential, then, understand, evaluate and monitor the perceptions of users, patients and professionals who live in health care environments on the quality of the physical environment, as well as the subjective environment quality, so to project environments meet the real needs of users and that can provide a "ambiance" that provides satisfaction, health and wellness. Penloup (2014) mentions the need to project considering both the constructed dimension, the social and sensitive dimensions of the living spaces. The study of ambience, according to the author mobilizes a set of disciplines, from the humanities to

the most technical sciences, through the acquisition of tools to model and instrumentalize interactions between built space and space sensitive, or perceived status.

Each site has its own ambience that characterizes and whose construction is everyday. It consists of physical, cultural, social, and use of temporality, among others, many of which operate unconsciously (Amphoux, 2004). If we consider that health spaces are essentially designed and intended for the care and rehabilitation of health, and the various theories and studies on the influence of the environment in the treatment of patients, it is important to understand how the ambience of units health has a fundamental role, not only in general for all who work there, but also for those who need them for treatment and care.

4. ISSUES AFFECTING THE PERCEPTION OF THE ENVIRONMENT

Vasconcelos (2004) states that the human being is constantly inserted in a space where develops its actions, whether work, leisure or rest, sheltering all the needs, expectations and desires of its members and which establishes an interactive relationship, where man receives environmental stimuli and react to them. These stimuli, derived from perception, first of all, depends on the physical and psychological conditions of the observer, the environment's ability to provide information and the social and cultural context in which that person-environment relationship is inserted.

Also according to Vasconcelos (2004), in hospitals patients may have limitations in sensory systems due to their health condition, requiring that environmental stimuli enable their perception through various sensory channels, should be observed in the design process, many aspects that can influence the perception of ambience and even interfere with the activities to be performed in these environments or in patient recovery.

The hospital physical environment should favor the satisfaction of its members, also making it into a therapeutic tool designed for health care, and avoid environmental stress, provide wellness feelings and meet their psychosocial needs. Considering also that well-designed spaces for clinical body of work will assist in the ease of performing the care tasks, resulting in less time spent in them and increasing their readiness for dedication to patients. (Byns ELI et al, 2006)

Among the qualifiers aspects of spaces, listed in the Handbook of *Ambiência* the Ministry of Health (BRASIL, 2004) listed below may be mentioned:

- Light:

Both natural light as artificial lighting are important for the qualification of hospital spaces, especially considering the length of stay and health status of patients in hospitals. Natural lighting and artificial should be combined and used to meet the regulatory aspects that establish the minimum illuminance, but also consider the qualitative aspects aimed at the welfare of patients. Biologically, the best light for the interior of the buildings is the natural light, the sunlight, which has a positive effect on mood and willingness of people. (VASCONCELOS, 2004). The author mentions the need for architectural elements provide contact with the outside environment, ensuring the visual, thermal and psychological comfort of patients and providing the perception of change in daylight, the contact with nature, relaxation and therefore to assist in

improvement in patient treatment. According Costi (2004) natural light is critical to patient recovery, and proven reduction in hospitalization time when the patient can take advantage of temporality notions and can observe the variation of light during the day and having view to the outside.

It is necessary to seek to minimize the negative effects to illuminate the environment, for the comfort of patients and staff, seeking had characterized lighting environments for the activities that there must occur within basic principles of lighting technique. We cannot forget that the field of view of a bedridden patient is the ceiling and direct light is a source of discomfort causing glare. The lighting should be indirect and the luminaire be suitable for this field of view (COSTI, 2004). With regard to health professionals when it improves illumination of the site, there is a significant improvement in production work performed by workers, since this lighting produces a feeling of comfort, safety, guidance, territoriality and performance of the visual task. The lighting of spaces contributes to the perception of mood and behavior of individuals (CAVALCANTI ET AL, 2002). Light is necessary for the activities and to compose the ambience of the place.

According Bitencourt (2007) the technical parameters used in Brazil for lighting projects in hospitals still follow the recommendations of the Brazilian Association of Technical Standards - ABNT by NBR 5413 - illuminance Interior, April 1990 determining the item 5.3. 28 - Hospitals, "The minimum illuminance in lux by type of activity (mean values in service)." However, according to the author, the new concepts of materials, equipment and lamps recommend that be done further research and specific to each activity to be performed in each environment designed, as well as their respective luminous demands, indicating how another important source of consultation US standards developed by the IESNA - Illuminating Engineering Society of north America, and approved by ANSI - American National Standards Institute, on March 27, 2006. This document entitled best Practices - RP-29-06 is significantly more current than Brazilian references, may be used as a constant parameter for the development of lighting designs in hospital environments. (BITENCOURT 2007)

- Color:

The choice of color can greatly influence the appearance of people and cause many feelings and should be considered by can also have negative aspects. The color is highly influential in the psychological and emotional state of man. It is the result of individual experiences and reacts to the brightness of the environment and can visually enlarge a space, narrow or reduce volumes increase relief, become a more intimate atmosphere and fun and minimize monotony in hospital environments (MARTINS, 2004). The colors are stimulating feelings, to relax, to work, to fun and can ensure heat or cold for people living in the environment, causing the body to compensate for their lack or excess (BRASIL, 2004). Vasconcelos (2004), states that color and light are the environmental factors that are closely linked, and may the light intensity substantially affect the outcome of color and, therefore, the choice of colors for hospital environments need to be very careful, being based in scientific studies indicate that the psychological effect of colors on the users of the space. According to the author, the colors strongly influence the psychological and human emotional and may, for example, stimulating the

sympathetic nervous system, increase brain activity, speed up the heart rate, blood pressure and respiration, as well as stimulating the parasympathetic nervous system causing tranquilizing effect.

Cunha (2004) states that the degree of reflection of the colors in the work and home field is very important, not only for the power of vision, but also for visual comfort and for that, the distribution of light density (brightness) is formed by intense contrasts, can cause great discomfort. We can also mention that, in the hospital area, the colors are also present in the organization and identifying some of the facilities, such as gas, facilitating guidance for their use and maintenance (CUNHA, 2004) and can also be used to identify sectors or specific areas.

- Sound:

Excessive noise can cause irritation, frustration, moodiness, stress and decrease the productivity of those who live daily in environments affected by it. Natural sounds such as those caused by water loss have a calming and relaxing effect, reducing the intensity of unwanted sounds (Vasconcelos, 2004). Still according to the author, excessive noise can also cause irritation and frustration, exacerbate the bad mood and reduce the pain threshold. It also affects visual perception and reduces learning ability. From the perspective of professional working in the affected environments, excessive noise decreases productivity and increases absenteeism. The improvement of acoustic environments can be provided by selection of coatings and furniture that do not reflect or amplify sound waves, irregular surfaces that assist in a dispersal of the sound and the use of materials with acoustic level, thus providing still and quiet environments.

- Morphology:

The morphology of physical space may interfere with the treatment process of the patient health-care areas, assisting in inhibiting or recovery. The sense of privacy is important and must be thought that the spatial arrangement of the wards allow, if necessary, isolating the bed, even if using devices such as curtains attached to the ceiling, to provide privacy to patients. (VASCONCELOS, 2004) In hospital settings, often there are few alternatives for different uses, as predetermining the normative and technical direct their design and organization, turning almost exclusively to provide the implementation of therapeutic practices of each sector. Even hampered by the type of activities carried out in these environments, the possibility of variability in the spaces should be considered in the design process in order to provide different options for use in environments where this variability is likely to be exercised and favoring the adjustment of environments to the needs of users.

- Air quality and biosecurity:

The air quality can have a direct and significant influence on the speed of recovery of patients and the occurrence of hospital infections. The attention to the air quality becomes even more important in health facilities that treat patients with cancer and immunosuppressive diseases, for example, since these patients usually are with highly compromised immune system and are extremely vulnerable to infections that can worsen your health.

In addition, they should be considered the environmental comfort and health feature on the presence of germs and bacteria, which are the millions in any environment. Factors which determine the temperature in buildings such as the provision of openings, the material constituting the walls and coatings and conditioning or heating air must be designed with due care to the use to be given to each environment, since temperatures high can induce laziness feelings of lethargy and decrease the productivity of people. Looking through the prism of thermal comfort, air movements accelerate the heat exchanges of people with the environment and are part of thermal control and health (Bestetti, 2014).

Zambrano (2007) identified several elements that influence the perception of individuals in health environments, and may help or not in the humanization process and the identification of ambiances for these individuals. He also noted that in addition to the growing appreciation of the influence of environmental conditions built on the mood and the health of their users, also emerged considerations about the psychological and sociocultural factors that influence the perception and construction of the user's relationship with the space that go beyond the more technical aspects and measurable environmental comfort. According to the researcher, despite the use of bioclimatic resources is a basic measure in architecture, these have not been extensively explored in the health environment architecture for a long time. Due to the general view of the hospital as "machine cure" his extremely relationship focused for a long time only for incorporation of new technologies in health and own restrictions due care and biosecurity. Restrictions on biosafety, which cannot be disregarded, are more specific in industries that require stringent air quality control in terms of purity systems, temperature, humidity, pressure and air renewal, such as operating rooms, treatment areas burned, clean rooms, etc. where artificial systems are recommended and commonly used.

Even weighing the restrictions on the safety of patients and other users should consider a range of beneficial applications of bioclimatic resources for healthcare environments, not only with respect to environmental comfort, but also with regard to Search economy and sustainability. Among the features to consider, natural ventilation is one of the important parameters of architectural design in the design process of healthcare environments in areas where there is extreme need for use of controlled ventilation. The use of natural ventilation is little considered, especially in relation to the number of renewals of air, the velocity of air between the environment and the internal displacement between an environment and each other and contiguous. Freire (2005), explains that the ventilation of a room has several functions , among which we can mention favoring thermal exchanges between people and the environment , removing excess heat from inside these environments , assist in the removal process excess water vapor contained in the air and on surfaces , to exchange stale air for fresh air and specifically for healthcare environments , the possibility of improving the quality of air smell and breathing in air circulation function and temperature control of internal thermal environmental conditions.

The conditions of the indoor air quality are greatly influenced also air conditioning, understood as the process of artificial air conditioning indoor air in public use environments, collective or intended to maintain ideal operating conditions for a particular device or process, can be used to control the air temperature, the amount of water vapor mixed with air (humidity), chemical composition and the biological particulate material dispersion and its movement, as required by the thermal comfort, or specific conditions

imposed for products, equipment or processes such as those used and performed in health buildings.

A study by Morais et al (2015) , testing the suitability of the temperature measured quality items and air quality in the physical -spatial comfort dimension in pain units located in Portugal , has identified twelve perception factors of air quality (PQA) in these environments : maintenance and care , guidance, building aesthetics and green spaces, in relation to the outer space of the hospital ; physical -spatial comfort, guidance and tranquility of the service in general ; physical space and comfort view and lighting inpatient area or waiting area of the consultation service; and social and organizational relationships , privacy and services which belong to the scale on the socio functional aspects . Among the aspects related to the temperature and air quality, important for a hospital environment quality and on the physical -spatial comfort dimension, the authors highlighted the following items:

- The temperature and air quality (temperature , air conditioning and ventilation) ;
- The adequacy of air quality level (which should be neither too wet nor too dry) ;
- The adequacy of the temperature (if it is too hot or too cold) ;
- If the air cooling system is efficient ;
- If the air is breathable.

The evaluation and the intersection of information on user satisfaction with the environments where they are and the data obtained from technical measurements are very important feature to be effected a critical analysis of the comfort conditions mentioned in various research and standards, national and International. As Ochoa & Araújo & Sattler (2012), it is normal that the body of users to adjust the conditions, to which it is subject over a period, is therefore extremely important to assess the conditions of air quality from the point of view of users in the environment under study. Perception is a brain function that gives meaning to the stimuli received from personal experiences, social relations, the needs, the culture, work capacity and interaction to the environment and can influence physical and mental health, performance and job satisfaction. The combination of all these aspects to be considered becomes distinct perception and preferences of users on each space.

Even considering all the question of the interpretation and perception of users on the conditions relating to the environments they attend and, more specifically air quality of these environments, in the case of health care environments, you cannot ignore legislation and specific norms for planning, installation and maintenance of equipment that will support and provide the correct and proper functioning of these for the establishment of indoor air quality in these buildings.

5. CONCLUSIONS

Restoring and maintaining health are paramount objectives to be considered in the targeted building projects for hospital care, since it is designed to a simple health post to those that are too high-complexity care. Goals are not only those who go in search of care, but also those who will provide this care. In addition to the care offer proposition, it is essential that health care environments also provide environments that bring well-being to all its users that provide "environments" in which all of these users, patients, caregivers and workers in

general, can understand and assimilate the "ambience" in a positive way. An ambience of comfort, safety and well-being can directly influence the recovery and maintenance of health of patients. Similarly, it can work for the workers of these sites, as prerequisites for achieving good productivity and good performance of its functions. Elements such as light, color, the smells, the form and the quality of the air, in addition to thermal comfort and biosafety, are an important part of the conditions that interfere with the perception of these ambiances for all the people who inhabit the health environments, may not only cause feelings of discomfort, the existence of an inadequate quality of indoor air can affect the health of patients and workers, causing hospital infections and decrease productivity and performance in addition to and negatively influence the perception of the services provided.

The mixture of all these actors aspects and trainers of spaces, determines the level of comfort and the perception that each user will have the ambience that surrounds it, is therefore essential in the practice of architecture and engineering for healthcare environments, consider the importance that each of them may have to provide ambiances that are pleasing to users and to provide the opportunity to assist in the recovery of patients and healthcare work processes provided. By studying the ambience of health buildings, it enjoys itself more a means to assess these areas, enabling new solutions aimed at designing environments that provide sense of security, comfort, well-being and that are suitable to the desires of individuals applied for assistance purpose of reception and treatment of their patients.

REFERENCES

- Amphoux, P. & Thibaud, JP. & Chelkoff, G. 2004. *Ambiances en Débats*. Bernin: Editions A la Croisée.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). 2008. *NBR 16401-1 e NBR 16401-3*, instalações de ar condicionado. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). 2014. *NBR 7256/2005*, Tratamento de ar em estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS) – Requisitos para projeto e execução das instalações. Rio de Janeiro.
- Besteti, M. L. T. 2014. *Ambiência: espaço físico e comportamento*. Artigos Temáticos: Ambiência, Rev. Bras. Geriatr. Gerontol. 17(3): 601-610. Rio de Janeiro.
- Bins Ely et al, *Estudo de caso em hospital Universitário em SC*. 2006. Artigo Técnico. XI Encontro nacional de Tecnologia no Ambiente Construído – ENTAC. Florianópolis- SC – agosto de 2006.
- Bitencourt. F. Iluminação Hospitalar – A luz em ambientes hospitalares como um componente de saúde e conforto humano. Artigo. Revista eletrônica Lume Arquitetura. Edição 27. Agosto/setembro de 2007. Disponível em: <http://www.lumearquitetura.com.br/pdf/ed27/ed27-Aula-Rapida-Illuminacao-Hospitalar.pdf>.
- Brasil. 1998a. *Portaria N° 3.523*. Agência nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Brasília – DF.
- Brasil. Ministério da Saúde, 1998b . *Portaria N° 3.523*. Brasília – DF.
- Brasil. 2002. *Resolução - RDC n° 50*. Agência nacional de Vigilância sanitária, ANVISA, Brasília, DF.
- Brasil. 2003. *Resolução - RE n° 9*. Orientação técnica elaborada por grupo técnico assessor sobre padrões referenciais de qualidade do ar interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo. Agência nacional de Vigilância sanitária. ANVISA – Brasília, DF.
- Brasil, 2004. *HumanizaSUS: Ambiência*. Secretaria-Executiva, Núcleo Técnico da Política Nacional de Humanização. Brasília: Ministério da Saúde. Brasil, Ministério da Saúde. 2013. *Ambiência*. Secretaria de Atenção à Saúde. Núcleo Técnico da Política Nacional de Humanização. 2. Ed.6 reimp. Editora do Ministério da saúde. Brasília – DF.
- Cavalcanti, Patrícia B.; Mascaró, Juan L.; Mascaró, Lúcia. *Iluminação em ambientes de internação – análise comparativa de dois hospitais de Florianópolis*. In: VII Congresso Latino-Americano de Ergonomia, XII Congresso Brasileiro de Ergonomia, I Seminário Brasileiro de Acessibilidade Integral, 2002, Recife. Anais do VII Congresso Latino-Americano de Ergonomia, XII Congresso Brasileiro de Ergonomia, I Seminário Brasileiro de Acessibilidade Integral. Recife: ABERGO, 2002. CD-ROM.

- Costi, M. Iluminação em Hospitais - Cuidados fundamentais. Artigo Revista eletrônica Lume Arquitetura. Edição 27. Junho/julho de 2004. Disponível em: http://www.lumearquitectura.com.br/pdf/ed08/ed_08_Capa.pdf.
- Cunha, L. C. R. A cor no ambiente hospitalar. Artigo técnico, Anais do I Congresso Nacional da ABDEH - IV SEMINÁRIO DE ENGENHARIA CLÍNICA - 2004, Salvador - BA. Disponível em: http://bvsm.sau.gov.br/bvs/publicacoes/cor_ambiente_hospitalar.pdf.
- Freire, S. A., 2005. *Inter-relações entre a qualidade do ar externo e interno em espaços hospitalares: O Complexo de Doenças Infecto-Contagiosas Dr. Clementino Fraga em João Pessoa - Paraíba*, Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa - PB.
- Martins, V.P. (2004). *A humanização e o ambiente físico hospitalar*. In: IV Seminário de Engenharia Clínica. Anais do I Congresso Nacional da ABDEH.
- Medeiros, J. M. *A vivência do ambiente hospitalar pela equipe de enfermagem*. Dissertação de mestrado - Pontifícia Universidade Católica de Goiás - Mestrado em Ciências Ambientais e Saúde, Goiânia - Goiás, Agosto de 2011.
- Morais, R. & Andrade, C.C. & Bernardes, S. & Pereira, C. R., 2015. *Escalas de Medida da Percepção da Qualidade do Ambiente Hospitalar - Um Estudo em Unidades de Dor*. Psicologia: Teoria e Pesquisa. Vol. 31 n. 3, pp. 381-388, disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-37722015031906381388>
- Ochoa, J. H. & Araújo, D. L. & Sattler, M. A., 2012. *Análise do conforto ambiental em salas de aula: comparação entre dados técnicos e a percepção do usuário*. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 91-114, disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ac/v12n1/v12n1a07>
- Penloup, E. 2014. *Architecture des lieux de santé et la prise en compte des besoins des usagers - Observation du Service de Soins de Suite et de Réadaptation de l'hôpital Rothschild à Paris*. École Nationale Supérieure D'Architecture de Normandie, Mémoire de M2.
- Quadros, M. E. & Lisboa, H. M. & Oliveira, V. L. 2009. *Qualidade do ar em ambientes internos hospitalares: estudo de caso e análise crítica dos padrões atuais*. Artigo técnico, Eng. Sanit Ambient | v.14 n.3 | 431-438, disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-41522009000300017&script=sci_arttext
- Souza, E. P. N., 2015. *Qualidade e percepção do ambiente construído: influência nas características psicofisiológicas dos usuários*. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Campinas.
- Vasconcelos R. T. B. *Humanização de Ambientes Hospitalares: Características arquitetônicas responsáveis pela integração interior/exterior*. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Florianópolis - SC, 2004.



Building environment construction studies in Brazil

Luci Ines Bassetto

*Federal University of Technology - Parana, Professor UTFPR (PR), Brazil
lucienes@utfpr.edu.br*

Maclovia Correa da Silva

*Federal University of Technology - Parana, Professor UTFPR (PR), Brazil
macloviasilva@utfpr.edu.br*

Eloy Fassi Casagrande Junior

*Federal University of Technology - Parana, Professor UTFPR (PR), Brazil
eloy.casagrande@gmail.com*

ABSTRACT: The built environment composed of planning, design, management and maintenance impacts upon people and cities. The paper discusses contents of two documents about policies and strategies for a sustainable built environment. One reports guidelines to sustainability assessment tools (1), publication dated 2008. The other treats aspects of sustainable building in Brazil and lines to promote national policies (2) publication date 2014. The methodology privileges the interdisciplinary qualitative studies about environment, ecology, sustainability, economy and sociology through linguistic discourse analysis. The discourse is not confined to sentences but the sentences bring adduced meaning regarding different contexts. It's true that the discourse presents relationships between structure (pattern) and function (social, functions of language). The built environment composed of planning, design, management and maintenance impacts upon people and cities. In document 1, building construction studies definitions started with a research in which participated the construction activity actors - planners, surveyors, architects, engineers. The focus performed three main lines: water, energy and building materials. Even though document 2 doesn't mention this kind of method to choose the text contents, it contains the same matters. Both documents written by federations, committees, councils, house chambers, offices, bring new demands for local authorities to progress towards the sustainability of the building stock. Among the main results despite of quantitative differences - tables, graphics, figures - in both documents it occurs the same qualitative phenomenon approach: the planet limits; the environmental degradation and waste (in Brazil represents 50% of natural resources extraction, 1.5% of the GDP in 2013); range of measures on industry to innovate the sector; informal labor, illegal business; and water, energy and building material sustainability.

Keywords: *building environment, document discourse, sustainability.*

1. INTRODUCTION

The challenge of sustainable development since 1987 is global, and the countries must find local strategies for addressing sustainability, and especially in the national key sector of building and construction. The sustainable development comprehends the built environment in the primary aspect, besides the economic technical and social points. Also observers with different level of access and influence over the economic system consider the priorities and needs, not only in the built environment, but also in the social environment – infrastructure, culture, traditions, health, poverty reduction and job creation.

In Brazil the members of Built Environment Networking, an English organization, recognize the different needs and capacity of each regional standards body to maintain the balance of nature and the sustainable construction. Although the different characteristics, the country presents priorities for action on sanitation, water, energy, logging and food production that should be incorporated into the building strategies. Despite the urgency of active measures the debate is still beginner. The term "sustainable construction" refer particularly to the environmental concern and the general principles acknowledges that the claims are applicable to buildings and other construction works individually and collectively, even as to the materials, products, services and processes affiliated to the life cycle of buildings and other construction works.

The built environment composed of planning, design, management and maintenance impacts upon people and cities. The paper discusses contents of two documents about policies and strategies for a sustainable built environment. One reports guidelines to sustainability assessment tools (1) published by Câmara da Indústria da Construção; Federação das Indústrias de Minas Gerais- CIC-FIEMG, publication date 2008 and the other treats aspects of sustainable building in Brazil and lines to promote national policies (2) published by Conselho Brasileiro da Construção Civil (CBCC); Ministério do Meio Ambiente (MMA); Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), publication date 2014.

Even though document 2 doesn't have the same design of document 1, both contains the same matters and are written by federations, committees, councils, house chambers and offices. Bring new demands for local authorities and for the industrial building material to align with the social progress goals towards the sustainability of the building natural resources stock. Among the main results despite of quantitative differences – tables, graphics, figures - in both documents it occurs the same qualitative phenomenon approach: the planet limits; the environmental degradation and waste (in Brazil it represents 50% of natural resources extraction overall economic activities; 1.5% of the Gross Domestic Product in 2013); necessity of a range of measures on industry to innovate the sector; the bad consequences of informal labor, illegal business; a new way to think about water and energy; recognized principles for sustainability in building construction and building materials. Even though the Brazilian realities differ in context and content from region to region, it is possible to address sustainability in buildings, industry and other construction works.

1.1 Methodology

The methodology privileges the interdisciplinary qualitative and exploratory approach studies about environment, ecology, sustainability, economy and sociology through linguistic content analysis. The theoretical-conceptual analysis of documents at the level of arguments and evidence describes the communication focus in the same phenomenon (Sustainable Development) from different perspectives, depending on the intentions of the actors and organizations. The qualitative Content Analysis study is not confined to sentences but the sentences bring adduced meaning regarding different contexts. It's true that the discourse content presents relationships between structure (pattern) and function (social, functions of language). It is important to highlight the ambiguous character of speech, metaphors and paraphrases to address and develop thinking, ideas, the words meaning, a context and the controversies subjects. The production of meanings comes from the repetitive basic sense and the polysemy on written production. The key elements are the authors, the message and to whom it is addressed identifying themes, patterns and situations. The focus is centered on the presence or absence of subjects, in addition to the interpretive context inference. Moreover, the speeches are linked to previous speeches, and situated within the inter discourse the others have said, formulating new meanings or not (according to Pêcheux & Orlandi, 1988; Ferigolo, 2009; Bardin, 1977). There is a main difference between the discourse analysis that works with the meaning of the discourse, and content analysis that works with the text as a way to detect the subject expression and to categorize them by phrases and words. Two major differences were identified in the study of both theories: the senses and the content. Each speech takes meaning effects between the parties, which have internal characteristics (individuality, world view, intention, purpose, desire to exercise the reasoning ability to choose verbs, adverbs, adjectives, pronouns) and external (context, means) to the text. Table 1 shows the two documents analyzed.

Table 1 – The two analyzed documents

Title	Nature	Publication date	Actors	Work team
1 Sustainability building construction guide	Guide	2008	Câmara da Indústria da Construção; Federação das Indústrias de Minas Gerais- CIC-FIEMG	Technicians, industry leaders and engineers
2 Aspects of sustainable construction in Brazil and promotion of public policies	Report	2014	Conselho Brasileiro da Construção Civil (CBCC); Ministério do Meio Ambiente (MMA); Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA)	Technicians and representatives of entities

Source: information withdraws from the two mains documents.

(<http://www.sinduscondf.org.br/portal/arquivos/GuiadeSustentabilidadenaConstrucao.pdf>,

[\[Pnuma/Aspectos%20da%20Construcao%20Sustentavel%20no%20Brasil%20e%20Promocao%20de%20Politic%20Publicas.pdf\]\(http://www.cbcs.org.br/_5dotSystem/userFiles/MMA-Aspectos%20da%20Construcao%20Sustentavel%20no%20Brasil%20e%20Promocao%20de%20Politic%20Publicas.pdf\)\).](http://www.cbcs.org.br/_5dotSystem/userFiles/MMA-</p>
</div>
<div data-bbox=)

2. DOCUMENT 1

The sustainability guide directed by Construction Industry Chamber - CIC / FIEMIG is directed to the construction sector. It was launched during an event held at MINASCON

2008 in partnership with FIEMIG. The opening is made by a professor of the department of engineering construction of the Polytechnic School of the University of São Paulo. The professor defines the importance of the review of all production processes to achieve sustainable development. The concept of sustainability in its broadest sense is also related to environmental, social and economic benefits. There are in particular environmental impacts in all activities, even in construction, which transforms the natural environment in the built environment. But the sector is characterized by high consumption of natural resources, energy and waste generation.

The document is called a tool for reflection, study, actions and practices, and contains ideas and references. It was supported by two entities: the Construction and the Electrical Installations, Gas, Hydraulic and Sanitary of Minas Gerais. The author (entity) indicates for whom the text is addressed: businesses, entrepreneurs, executives, professionals engineers, architects and other professionals from the building materials industry in general. He underlines that these agents are those who can share the guide content to act in favour of good practices.

The reliability of the contents, according to the author, is the commitment and reputation of technical and industry leaders, led by an engineer, and sponsors. He feels privileged to participate in the drafting of the document and witness the concern of the members about the future of humanity. The author believes that the text breaks the industry inertia and start a new period in the right direction. The sector needs to introduce sustainability parameters in the practices and processes. This was the basis for the preparation of the Guide, placed as the backbone, with practical clues and ordering of steps for different industry segments.

The understanding and assimilation of sustainability for the sector are related to building systems, economic buildings, social welfare with the environment, with the necessary adaptations without depleting natural resources, preserving them for future generations. Throughout its life cycle, the fruit of building sustainable buildings would be those designed with environmentally friendly materials, provided certifications, with low CO₂ emissions, designed to reduce the generation of waste in water and energy costs, larger areas maintainers' vegetation and following the rules, the formality of contracts and security.

3. DOCUMENT 2

In document 2, building construction content is a result of a research in which participated the construction activity actors - planners, surveyors, architects and engineers and members of the production chain (Table 2). The central hypothesis is that the construction sector generates waste and use raw material more than any other economic activity. Major excavations cause impacts on the microclimate, erosion, dust, and transport surplus. Mitigating actions are necessary as respect the steepness of the terrain (geologist); the retaining wall; biodegradable blankets to prevent erosion; compact the soil removed from the ground and target it correctly (FIEMIG system recyclable bag).

It's entitled a report and the focus performed three main lines: water, energy and building materials. Directed straight to the government, it proposes a Public Policy on Sustainable Building: "Aspects of Sustainable Building in Brazil and Promotion of Public Policy". There

is a subtitle to support the reader's understanding of the textual structure of the cover. The title and subtitle retain the basic information summarized the relevant text content.

Table 2: The research structure

Participants	Objectives	Matters	Methods and Results	Proposals
40 people of different entities; 381 participants in the survey research	To disseminate knowledge and good practices to increase sustainability in construction sector	An integral document of Water Committees , Materials and Energy (CBCS)	Integrative and multidisciplinary approaches	Guidelines focused on water issues , energy and materials
	Reflections on current industry process regarding Water , Energy and Materials		Survey research	In the future , expansion of these ideas to other knowledge areas
	Pointing bottlenecks		Reflections, challenges and observations	Public policies structuring and encouraging the sustainable development of the productive chain
	Gather references and recommendations to contribute with the construction sector and the sustainable development process			

Source: information withdraws from the two mains documents.
http://www.cbcs.org.br/_5dotSystem/userFiles/MMA-Pnuma/Aspectos%20da%20Construcao%20Sustentavel%20no%20Brasil%20e%20Promocao%20de%20Politic%20Publicas.pdf.

The report organizers were Brazilian Council for Sustainable Construction; United Nations Environment Program; Ministry of the Environment; Federal government. There are two representatives of the environment, being one from an international level and the other, national level. The list of contributors includes those involved in drafting the document. There are entities working and studying at the Getulio Vargas Foundation. The technical team specializes in water, energy and materials. It is assumed that these are the three strategic areas that imply changes. The survey collected information on energy efficiency, rational use and water management, selection and disposal of materials in order to identify how the industry operates, the bottlenecks, their needs and propose actions.

The report function is to open the dialogue between the actors and the public sector agencies and academia. Also, it is openly ratified by the Executive Council of the Brazilian Council for Sustainable Construction (CBCS). Interdisciplinary nature, the document was a contribution to the Plan of Sustainable Production and Consumption (PPCS) and confirms the principles of Agenda 21 about broad and systemic environment.

It highlights the role of CBCS and his posture to stimulate a systematic debate on how to add sustainability in action, planning, sensitization and training. It emphasizes the role of public policy in advancing sustainability in construction. It calls on the production chain of agents of the government and society to carry out systemic actions.

To attain sustainability in the construction sector according to the Brazilian reality, it is required to ensure justice and environmental protection, economic growth, social inclusion and quality of life. Even though economic growth is incompatible to sustainability, the context lay-up claims to put restrictions on the patterns of consumption and production so transform the construction sector in an sustainable activity.

The specific content of the report is composed of answers coming from the industry professionals, analysed with qualitative method research. There are three central parts which refer to aspects of sustainable construction in Brazil: water, energy and materials.

In the chapter "Water" (22 pages) the introduction is a national diagnosis and international experience with recommendations for water management and public policies for sustainable development. Energy chapter (33 pages) also has an introduction and a national diagnosis. It explains how to place international policies for energy in buildings and indicates future national public policies. Brazil already has an energy matrix considering the renewable sources such as hydropower. Materials chapter (23 pages) considered the most important reserve in nature, the impacts of use, after use, the production phases and components of construction. Also mention international experiences and makes recommendations for national policies.

The document concludes that studies on water, energy and materials in the built environment can improve buildings and systems, focusing on priority aspects which promise to bring results in practices and short-term processes. Strategies must modulate wastes in construction, consumption and innovation aspects.

3.1 Introduction to sustainability

Composed of two subdivisions - Sustainability and Sustainable Construction and basic principles - the introduction has two pages. The concept of sustainability comes from the debates on sustainable development since 1972 in Stockholm, when the United Nations organized the discussions in the form of an international conference. So this mode of development has the goal of sustainability through the balance between environmental capacity and demands for equality, prosperity and quality of life. The document takes up the concept coined by the "Brundtland Commission" to say how important it is to understand sustainability as integration of economic, social, cultures and environment of society in order to respect the limits of the planet and preserve life in a way to not compromise future generations.

When sustainability practices in the construction works are incorporated, companies will change the way to produce and manage the tasks. This can occur gradually, mainly because governments, consumers, investors and associations have cooperated to promote four basic requirements of sustainability: environmental compliance; economic viability; social justice; and cultural acceptance. Then, the document cites the basic principles of sustainable construction written by associations, councils and architecture offices. These include the use of local natural conditions, minimum land use, environment study to balance landscape, and climate temperatures. It is necessary to reduce impacts on the

projects implementation, water consumption and energy, to consume eco-efficient materials, recycle, reuse, innovate and education.

The International Council for Research and Innovation in Building and Construction (CIB) puts three points relevant to the definition of sustainable construction: holistic process, human dignity and economic equality. According to the Council, technologies and energy stimulated the disuse of many efficient processes of exploitation of natural factors such as light, ventilation and heat. These procedures reduced the likelihood of practicing sustainability in buildings. The entire life cycle of the project needs to be analysed, regarding the impacts, the design, rehabilitation, deconstruction and demolition.

3.2 Preconditions to sustainable entrepreneurs

As an initial condition for sustainability in construction is the adherence and commitment of companies in the production chain in creating sustainable projects effectively. The document raises three fundamental preconditions for success. The first is a sustainability project with quality, in which companies need to continuously introduce improvements in processes, consumption of natural resources, productivity, durability and waste. In the second, it is to prevent informality in buying materials and services and labour. The guarantee of legitimacy increases the degree of professionalism in the production chain. The latter one advocates the importance of innovation in materials, equipment, training of skilled labour and respect for the environment so as to bring environmental, economic and social basis of sustainability.

Every building has a long life, and is fruit of various industrial materials and components and demanded hand labour. In each project life cycle studies are a wide potential impact on sustainability. The document exemplifies a study for a commercial building with 50-year life cycle, putting the costs and possibilities of intervention in the design (lower costs and greater ability to implement sustainability initiatives), project (the higher costs at this stage can bring more success and economy), construction (costs and interventions are equivalent), use and maintenance (few possibilities of intervention) and adapted for reuse (there may be higher costs).

There are three pillars that support sustainability: social, environmental and economic benefits. In the social aspect, it develops the local economy generating jobs and income. In the environmental aspect, it collaborates with the increase of green areas in the projects as well as care for the water and energy consumption. The production of waste reduction is the best choice for the use of materials. The durability of the building, recycling and reusing reduces the costs of use, operation, maintenance and construction. In the economic aspect, sustainability in construction enables an increase in efficiency of use of financial resources, financial return to investors and entrepreneurs, and increased productivity of workers.

The project creators are free to make sustainable development considering the needs of users, investments, working techniques. It is recommended to consult the document 'the World Business Council for Sustainable Development Guide' to align the priorities of the participants. The professional must prepare the 'Needs Program' to set the standard of the building to be built. It should give preference to suppliers, industry committed employees and the range of products and services with low environmental impact. Costs can be reduced throughout the life of the building is preserved sustainable actions. There the

bonds of trust between groups will reduce or eliminate risk, innovation and appropriate management processes.

In the project area, it is important to assess the rainfall, erosions, sanitation and water supply in order to tailor the implementation and operation of the work. Efficient use of water should occur in the implementation and building use and reduce environmental impacts and costs. The development of hydraulic systems compatible with the efficient consumption should come from reducing the amount of water extracted in sources of supply, reduce consumption and waste, increased use efficiency, recycling and reuse of water.

Energy efficiency combined with the business strategies to reduce costs and increase operational should seek architectural, climatic and human solutions that optimize processes and products. The entrepreneur should consult the performance standards for residential buildings in the project design phase to provide quality for domestic environments taking advantage of the natural conditions. To balance temperatures and clarity, and avoided emissions and increased energy consumption with the use of artificial energy. To the climatic characteristics and energy efficiency, the design of the enterprise can choose concepts, systems and tools that enhance renewable and low power consumption. The comfort may result from the form, function, types of building conditioning systems.

Materials must permit together sustainability actions as the correct selection and use of materials, reduction of waste generation and impacts. It is essential that the work generates less waste which consequently reduces the costs and environmental impacts. The benefits would be: a) reduction of cost of waste management; b) reduction of waste arising from the acquisition of new materials; c) reduction of complaints from customers; d) increase the durability of the enterprise; e) maintenance of their performance; f) reduction of pollution caused by transport; g) stimulating the local economy and h) increasing the life of landfills.

4. CONCLUSIONS

The two documents studies are based on the relevant information from national and in international sources. The entities, stakeholders and professional experts have identified a large body of literature on the topics from which information and data has been used to show the important resource flows related to buildings and sustainability.

In document (1) The argument of the CBIC is the robust part of the document, and it encourages people to actions facing interaction between enterprise, society and government to provide housing and infrastructure for the Brazilian population. These are part of the fundamental rights of citizens, which need health, education, labor, mobility, security, water, energy, among others. The main purpose of the document is to make enterprise, government and society to rethink their products, their relationships, services and strategies from the point of view of environmental, social and economic dimensions. Another important focus is on the process of fighting towards illegality and informality in the construction supply chain. Through an active and ongoing program of ethical improvement of relations with the people and public and private entities involved in actions, the construction chain can mobilize a key strategic program for innovation and

technological solutions. Besides, a way to develop more businesses requires a communication between employees, suppliers, partners and employees to motivate them to leadership and sustainable development. In document (2), the paper discussed the current Brazilian political problems for the sectors of energy, water and materials gathering statistical, technical, and objective researches, national and international, to highlight the importance of creating future public policies towards sustainable construction practices. For efficient water use and economic benefits, it is necessary to improve water quality, maintain aquatic ecosystems and create sustainable proposals for new buildings in the urban area. Concerning energy, it must prioritize renewable energy sources and explore alternative sources, less polluting and with less contribution to global warming. Industries can collaborate with water and energy's savings. In addition, companies can promote the reduction of losses and waste in the industrial process. They can work with eco-innovation and competitiveness potential of materials for environmental return in the built environment area.

Both documents affirm that construction activities have a huge impact on environment. The built environment is completely dependent on resources from the natural environment. The government is obliged to act on the subject, especially with policies which encourage the sustainable activities. On the other hand, construction organisations can minimise the impact by acting to avoid damaging activities. The two documents are a way to exchange of information, values, and principles among suppliers, labour-work training to develop joint actions and dialogue with the communities and local government responsible for building regulations and planning.

The subject of sustainable construction involves a large number of political interests in biodiversity impacts, energy (linked to the extraction of materials, manufacturing of construction products, the construction phase itself, construction, demolition, energy consumption in the use phase of buildings lifecycle), water (the full cycle - primarily to water use in buildings) and materials (metals, minerals, concrete and wood).

The guidelines for building environmental with social and economic benefits can raise the awareness amongst owners, occupants, designers and operators to encourage sustainable business practices.

REFERENCES

Bardin L. 1977. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70.

Conselho Brasileiro de Construção Sustentável. (2014). *Aspectos da construção sustentável no Brasil e promoção de políticas públicas. Subsídios para a promoção da construção civil sustentável*. [online]. [Cited april 2016]. Available from <http://docplayer.com.br/10841409-Aspectos-da-construcao-sustentavel-no-brasil-e-promocao-de-politicas-publicas-subsidios-para-a-promocao-da-construcao-civil-sustentavel.html>

Ferigolo, J. 2009. A língua enquanto sistema e a língua enquanto produção de sentidos para o sujeito. *Ráido*, v. 3, n. 6, p. 73-84.

Fiemig & câmara da indústria da construção. (2008). *Guia de sustentabilidade na construção*. [online]. [Cited april 2016]. Available from <http://docplayer.com.br/10841409-Aspectos-da-construcao-sustentavel-no-brasil-e>

promocao-de-politicas-publicas-subsidios-para-a-promocao-da-construcao-civil-sustentavel.html

Kibert, C. J. 2012. Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery. EUA: John Wiley & Sons, inc.

Orlandi, E. P. 1988. Discurso e Leitura. São Paulo: Cortez & Unicamp.

Pêcheux M. 1975. Les Vérités de la Palice Maspero. Paris: Maspero

Unep cib-ietc. (2002). *Agenda 21 for sustainable construction in developing countries*. [online]. [Cited april 2016]. Available from http://cibworld.xs4all.nl/dl/publications/agenda_21_scdc.pdf



Life cycle energy assessment of a light steel framing house in Brasilia city

Lucas Rosse Caldas

University of Brasília, Civil and Environmental Engineering Department, Brasília (DF), Brazil
lrc.ambiental@gmail.com

Júlia Santiago de Matos Monteiro Lira

University of Brasília, Civil and Environmental Engineering Department, Brasília (DF), Brazil
juliasanttiago@gmail.com

Rosa Maria Sposto

University of Brasília, Civil and Environmental Engineering Department, Brasília (DF), Brazil
rmsposto@unb.br

ABSTRACT: The building sector is responsible for the majority of the energy and materials consumed in the world. Social housing plays a significant responsibility in consumption of resources in Brazil. In this context, this paper aims to evaluate the energy consumption during the life cycle of two social housing for Brazilian context. It was compared a brick masonry house (BM), the most used system in country, with a light steel framing house (LSF). For this, the life cycle energy assessment (LCEA) was used, with a cradle to grave perspective (construction, use and end-of- life were assessed). It was evaluated the relation between the thermal performance of systems and energy in operational phase. It was used the software DesignBuilder with the Energy Plus for thermal and energy simulation. This case study showed that the BM house presented greater energy consumption than LSF house. The wall system presented the biggest participation in terms of mass and embodied energy, for both houses. The operational phase showed the biggest participation in total energy consumption followed by the maintenance and construction phase. The end-of- life phase showed participation lower than 1% in total life cycle. The BM house presented a better thermal performance than the LSF house, however, the final results in operational phase for both houses became very close, with low values of energy savings.

Keywords LCEA, social housing, light steel framing.

1. INTRODUCTION

The building sector is responsible for great energy and materials consumption worldwide as well as CO₂ emissions. Residential buildings play a significant role in consumption of energy and emissions of CO₂. The residential buildings in Brazil were responsible for the use of 24.2% of the electricity in the country and the consumption increased by 6.2% between 2013 and 2014 (BEN 2014).

There is a deficit of homes in Brazil and to deal with this problem, the Brazilian government has started up a large program for social housing (Paulsen & Sposto 2013). For this kind of social housing the most used system is brick masonry (BM). However it is necessary to use new building systems, more rational and more productive.

In the last 20 years, there were appeared some new building systems in Brazil, called innovative system, with the promise of increase in the productivity and quality of the residential sector. An example is the light steel framing (LSF) system.

The light steel framing system was imported from the USA and its use is becoming increasingly widespread in the country, because of the higher productivity and less generation of waste of building materials. However, it is necessary to define some environmental criteria to help the designers, architects and engineers to specify more environmental sustainable systems.

In this context, the Life Cycle Assessment (LCA) is an important tool to help the environmental evaluation of building materials, systems and the whole building. LCA evaluates several resources inputs, including energy, water and material consumption, and environmental loads, including CO₂ emissions, liquid and solid wastes of a product or a process (ABNT NBR ISO 14001:2009). However, it has been observed that the most of the research about LCA and buildings has focused on the energy consumptions (Cabeza et al. 2014). In this context, more specific tool like Life Cycle Energy Assessment (LCEA) has been developed.

LCEA is a simplified version of LCA which focuses only on the evaluation of energy inputs for different phases of the life cycle of a building (Tavares 2006). The system boundaries include the energy use of: construction, use and demolition. The construction phase includes manufacturing and transportation of building materials and products. The use phase includes the operation and maintenance of the building. The operation phase encompasses all activities related to the use of the buildings, like comfort conditions, water use, and powering appliances. The demolition phase includes demolition/deconstruction of the building and transportation of dismantled materials to landfill sites or reuse, recycling/incineration plants (Chau et al. 2015).

In this context, the aim of this study was to evaluate the energy consumption, using LCEA methodology, during the life cycle of two social housing in the Brasilia city context. Two alternatives of walls system were compared: Brazilian conventional brick masonry (BM) and light steel framing (LSF), over the entire life cycle of the buildings (construction, use and end-of-life phases).

2. METHODOLOGY

2.1 Description of the building, scope and functional unit

The building has a living room, 2 bedrooms, a kitchen, a bathroom and an outdoor service area. The building has three internal doors, two external doors and five windows (Fig. 1).

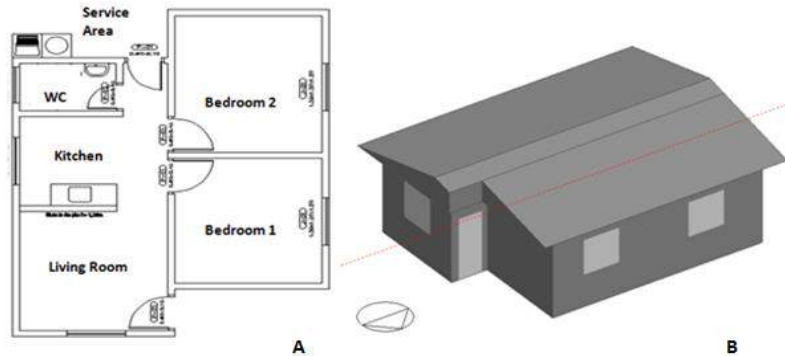


Figure 1. (A) Plant design and (B) DesignBuilder model of the case study. Source: Authors, 2016

The Brazilian conventional wall system (BM) is brick masonry (90 x 190 x 190 mm) with plaster (width 25 mm) and reinforced concrete columns and beams. The wall system with light steel framing (LSF) is galvanized steel frames with 2 OSB boards (width 18.3mm), 1 gypsum fibre board in internal area (width 12.5 mm), 1 Fibre cement board in external area (width 10 mm) and a insulation layer with rock wool (width 50 mm).

The data are cradle to grave data, including: extraction and processing of raw materials, transportation of the building materials from factories to the site location, operation of the building, maintenance and end-of-life, according to Table 1.

Table 1. Phases in the life cycle of the house

Phase	Stage	Symbols	Description
Construction	Extraction and Process	EE	Embodied energy of building materials
	Transport	ET	Energy of transport from factories to site location
Use	Operational	EO	Energy of electrical equipments and for cooking
	Maintenance	EM	Energy of maintenance
End-of -life (post use)	Demolition/Deconstruction	ED	Energy of demolition or deconstruction of house
	Waste Transport	ETw	Energy of transport of waste from site location to landfill
Whole life cycle	All stages	ETOT	Sum of Energy of all stages of the house life cycle

The Functional unit (FU) for this study is a standard house located in Brasília – DF, with 4 habitants and an internal floor area of 46 m² with the service life of 50 years. It was chosen 50 life years because it was observed most of LCEA studies used this period, like observed

by (Berggren et al., 2013). The foundation is not included in the study, because it depends of the characteristics of the soil.

2.2 Construction phase analysis

Embodied energy (EE), in the stage of extraction and processing of building materials, was found through literature studies (Table 2). Embodied energy for light steel framing was found through Environmental Product Declarations (EPDs). The mean value from values in EPDs was adopted for some components. The hybrid method analysis was used in this study. According to Atmaca & Atmaca (2015), this method is generally considered the preferred approach for LCEA studies due to its systemic completeness and use of reliable data. The spillage of building materials, during the construction process, was considered (Table 2). The energy for the working process was assumed to be mainly performed by hand, so, it was not considered in this study.

In Brazil, the common type of material transports is by truck. Nabut Neto (2011) developed a study with several types of trucks used in Brazil and reached an average value of 0.0137 l diesel/t.km, considering truckloads on the outward path (from factory location to the construction site) and empty on the path back. Knowing one liter of diesel is equivalent to 35.50 MJ (BEN, 2014), the coefficients 0.49 MJ/t.km was found. The transports distances (Table 2) were calculated by Google Maps, considering the shortest distance between the construction site and the building material producers.

Table 2. Data on building materials and content in the studied house (46 m²)

Building components	Amount (kg/FU)	Embodied energy intensity (MJ/kg)	Source	Spillage (%)	Transport Distances (km)
Brick Masonry					
Ceramic blocks	165.3	2.9	Tavares (2006)	15%	917
Mortar,plaster	375.5	2.1	Nabut Neto (2011)	20%	29.7
Concrete	64.1	1.2	Tavares (2006)	9%	16.8
Wood	6.9	9	Tavares (2006)	10%	75
Steel	2.9	30	Tavares (2006)	10%	843
Light Steel Framing					
Steel	14.3	30	Tavares (2006)]	10%	16.9
OSB board	71.2	10.6	Tavares (2006)]	15%	1298
Gypsum fibreboards	49.1	4.4	Tavares (2006)]	9%	1195
Fibre cement board	44.4	2.4	Tavares (2006)]	9%	213
Rock wool	6.4	16.5	Tavares (2006)]	5%	1014
Other systems of the house					
Paint (internal and external walls)	4.9	61	Tavares (2006)]	15%	224
PVC (installations)	3.60	80	Tavares (2006)]	5%	165

Ceramic tile (roof)	67.1	5.4	Tavares (2006)	10%	337
Wood (roof)	17.2	0.5	Tavares (2006)	4%	687
PVC (ceiling)	2.4	80	Tavares (2006)	5%	225
Cement (floor)	14.2	3.17	Tavares (2006)	20%	30
Sand (floor)	69.22	0.05	Tavares (2006)	20%	277
Ceramic tile (floor)	10.9	6.2	Tavares (2006)	6%	740
Windows and external doors (steel)	14.4	30	Tavares (2006)	2%	214
Internal doors (wood)	8.6	9	Tavares (2006)	1%	222

2.3 Use phase analysis

Operational

The operational energy (EO) was divided in three parts: electricity used for equipments (excluding air conditioning), gas used for cooking and energy used for air conditioning (calculated with regards to the thermal performance of the building). For the electricity consumption for equipments the value 161 kWh/month was adopted, the same value of [3], or 6.9 GJ per year.

For the simulation of heating/cooling the U-value used for the ceramic block masonry wall was 2.25 W/m².K and the value 0.29 W/m².K was used for the light steel framing wall. For Windows the value 5.6 W/m².K was used. The cooling set-point was set to 24.3°C for the living room, according to the comfort zone, defined by Pereira & Assis (2010), valid for city of Brasília. The machine efficiency (CoP) adopted was 2.8, a common value for this kind of houses in Brazil.

EnergyPlus through DesignBuilder v4.5.0.148 interface was used to evaluate the impact of variations of the external and internal walls on annual energy use of the building related to thermal comfort.

The energy use for air conditioning was 101.63 kWh/year for the BM house and 162.15 kWh/year for the LSF. The final energy use for equipments and air conditioning was 11.9 GJ/year for BM and 12.2 GJ/year for LSF. The energy use for equipments is secondary energy, so, it was converted to primary energy by a conversion factor of 1.62, obtained in (Pedroso 2015). The energy use for cooking comes from liquefied petroleum gas, 47.3 MJ/kg (BEN 2014), and a consumption of 13 kg per month (or 7.4 GJ/year) was assumed. Finally, the total energy for operational phase was 19.3 GJ/year for BM house and 19.6 GJ/year for LSF house. Operating energy was calculated for a 50 years scenario.

Maintenance stage

The energy of maintenance (EM) is during the replacement of materials used in the house and depends on the maintenance plan and intervals for maintenance. To estimate the maintenance intervals, data from Brazilian building performance standard is used (ABNT NBR 15575-1:2013). The maintenance intervals were used to estimate the replacement

factors (RF) .The same method used by Paulsen & Sposto (2013) and Atmaca & Atmaca (2015).

2.4 End-of-life phase analysis

In the end-of-life phase, it was assumed that the building with ceramic block masonry was demolished and the waste generated transported to the nearest landfill, located in a distance of 20 kilometres from the building site. The building with light steel framing was assumed to be deconstructed and the waste generated also transported to the nearest landfill.

The end-of-life phase is divided into two stages, demolition/deconstruction (ED) and waste transport (ETw). A value of 0,0354 MJ/kg was used for demolition of BM house, based on Tavares (2006).The values 0,00257 MJ/kg was used for deconstruction of LSF house, based on Pedroso (2015). For the transport to landfill were used the same energy and emissions data as for truck transport of building materials.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Construction phase

For the extraction and process s, values of 3.66 and a 3.74 GJ per m² of embodied energy (EE) are depicted for the BM and LSF houses respectively. Comparing the EE for the two wall systems, the LSF showed higher values, however the differences between the two systems was only 2%.

A comparison of the different parts of the house systems (wall, paint, ceiling, roof, floors, windows and doors) in terms of mass and EE is shown in Figure 2.

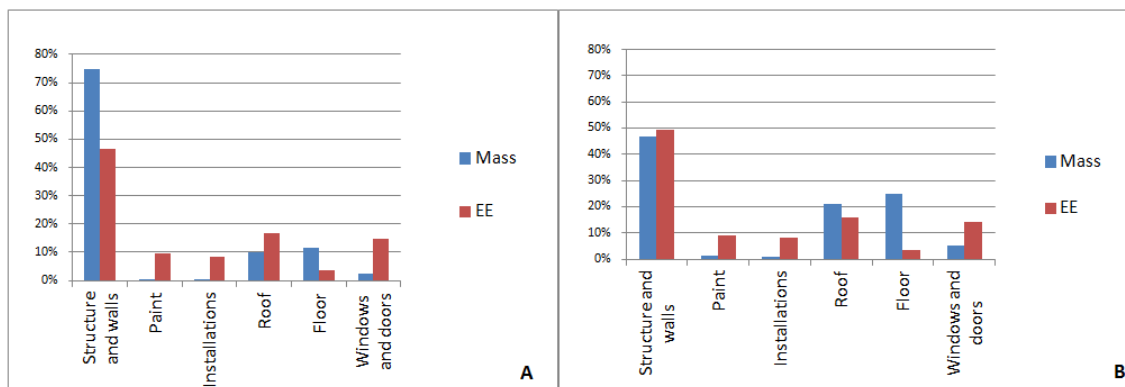


Figure 2. Participation of the house systems in mass, EE for extraction and production stages. (A) BM house. (B) LSF house. Source: Author, 2016

For the BM system, the walls had the highest mass participation (75%), EE (45%) and. These results correspond with the results of Paulsen & Sposto (2013), who verified the significance of the impacts from the ceramic wall system in typical Brazilian social residential buildings.

Comparing the mass of the wall systems, the mass of the LSF was 70% less than the mass of BM. However, the final results of ET for BM and LSF were very close, 0.1306 GJ/m² and

for BM and 0.1302 GJ/m² for LSF. The longer distances travelled by materials and components of LSF compensate for the mass of the BM system. For both systems, the wall system represents the major participation in the house systems, in embodied and transport energy.

3.2 Use phase

The operational energy was estimated to 20.98 GJ/m² for the BM house and 21.30 GJ/m² for the LSF house. The better thermal performance of the BM house was due to the larger value of thermal capacity of the walls. This better performance resulted in a smaller energy saving for BM wall system compared to the LSF system. However, in this case study, for Brasília reality, the energy consumption due to use of air conditioning showed a low participation in EO, for both houses (Fig. 3).

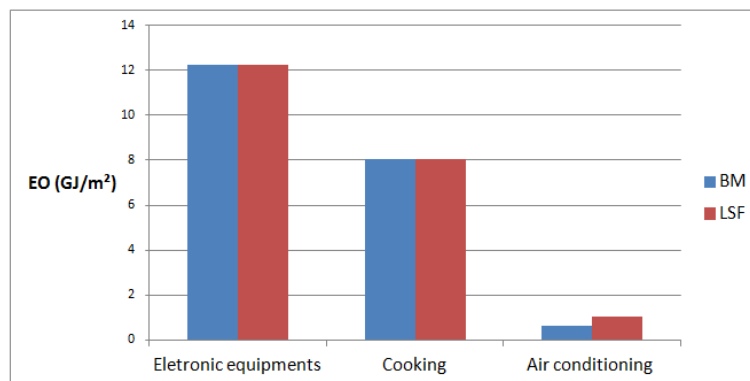


Figure 3. Comparison of operational energy. Source: Author, 2016

In relation to the maintenance phase, the final results of EM for BM and LSF houses were also close, 5.12 GJ/m² and 5.87 GJ/m², respectively for LSF. The larger values for the LSF house were due to the gypsum board service life (20 years), while the mortar and plaster have a service life of 40 years. The energy consumption of the maintenance phase showed to be larger than from the construction phase in this case. This indicates the importance of the maintenance phase for this type of Brazilian houses as verified by Paulsen & Sposto (2013). The mass and EM for the houses were compared, see Figure 4.

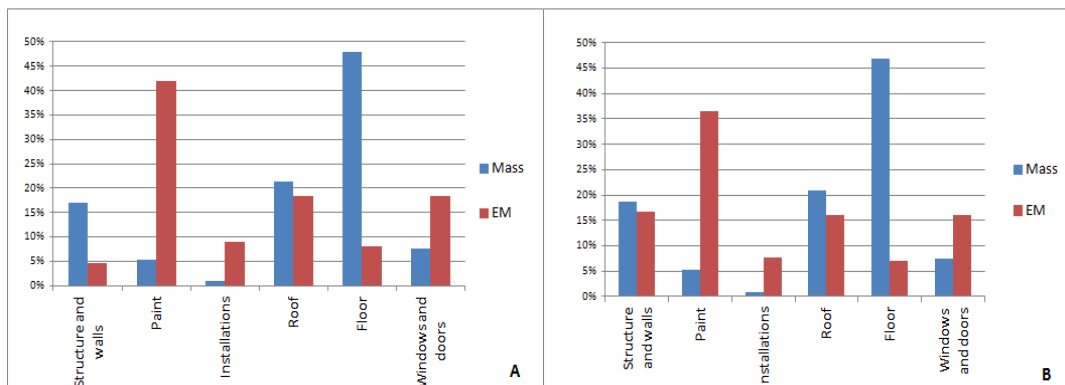


Figure 4. Participation of the house systems in mass, EM for maintenance stage. (A) BM house. (B) LSF house. Source: Author, 2016

The participation of walls in LSF house was greater than BM house. This was consequence of the minor service life of gypsum boards. The paint system showed a great participation in energy because of the low service life and the high value of EE of paints. So, for the maintenance phase it is important to specify, during the design phase, materials and components with low values of embodied energy and high durability.

3.3 End-of-life phase

For the end-of-life phase, a 0.24 and a 0.17 GJ per m² of energy consumption (ED + ETw) were recorded for the BM and LSF respectively. In this case study, the end-of-life phase consists of the demolition or deconstruction of the house and transportation of waste generated. Assuming that transport distances are the same for the BM and LSF houses, the difference in the results was related the mass of the wall systems. So the BM house consumes more energy because the demolition process (instead of the deconstruction in LSF house) and the bigger mass transported to landfill.

3.4 Whole life cycle

The final results of ETOT ECO2TOT for BM and LSF houses is summarized in Table 3.

Table 3. Total energy consumption in the houses life cycle

Energy and CO ₂ emissions	BM	LSF
Construction (EE + ET)	3.79	3.87
Operational (EO)	20.98	21.30
Maintenance (EM)	5.12	5.87
End-of-life (ED + ETw)	0.24	0.17
Total energy use (ETOT) (GJ/m ²)	30.13	31.21

The LSF house presented a larger value of total energy consumption (ETOT) than BM house. However, the difference between the ETOT was only 3%. The values of ETOT are in the same level as found in other Brazilian studies, Tavares (2006), Paulsen & Sposto (2013) and international studies as Huberman & Pearlmutter (2008) and Devi L. & Palaniappan (2014). The share of each phase in the whole life cycle of the houses is shown in Figure 5.

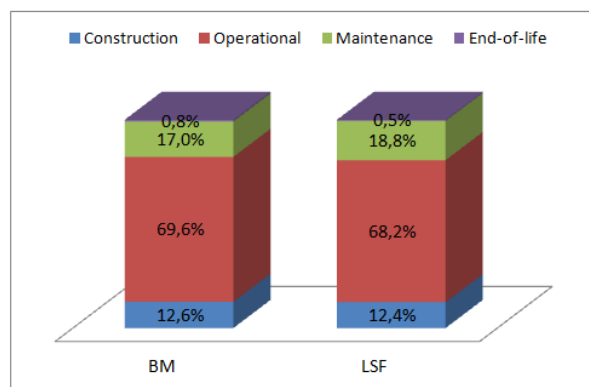


Figure 5. The share of each phases in the life cycle energy assessment. Source: Author, 2016

In both housing systems (BM and LSF), the operational phase generated the largest use of energy (70%). The values found in this case study are in the same range as found in Tavares (2006) and Paulsen & Sposto (2013), but lower than most international studies. According to several authors, like Sartori e Hestnes (2007) and Cabeza et al. (2014) the operational energy is the part that contributes most to the life cycle energy. The end-of-life showed a very low participation.

4. CONCLUSIONS

It was evaluated the energy consumption during the life cycle of two Brazilian social housing, one made of light steel framing (LSF) and other of block masonry (BM). The LCEA methodology was applied, considering the construction, use and end-of-life phases of the houses life cycle.

The results showed that the energy in construction was 3.79 GJ/m² for BM house and 3.87 GJ/m² for LSF house or 12% of the total energy from the life cycle, the operational energy was approximately 21 GJ/m² for both systems, with 70% of total energy. The maintenance was 5.1 GJ/m² for BM and 5.9 GJ/m² for LSF, around 17-19% of the total energy consumption. The influence from the end-of-life phase was lower than 1%.

Among the different systems of the house, the wall systems presented the biggest share in terms of mass and embodied energy for both houses. The paint system presented the biggest participation in energy consumption for maintenance phase.

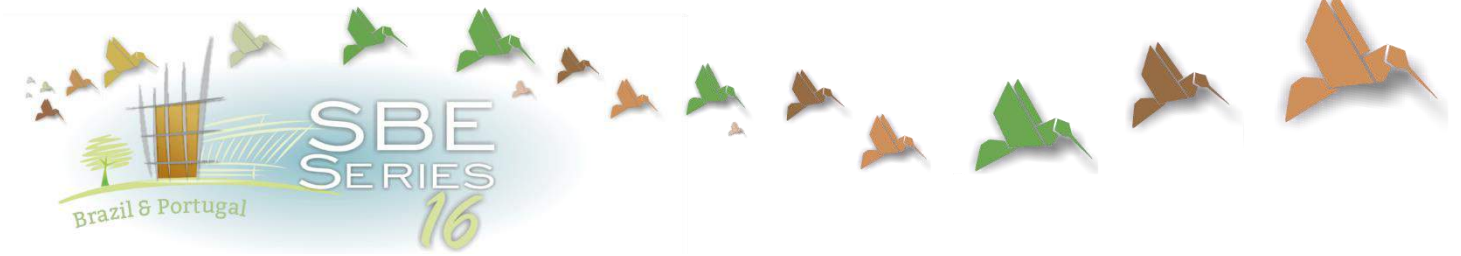
The BM wall system presented a better thermal performance. Thus, the difference between air conditioning usages didn't impact significantly in the total energy consumption of operational phase, only a little potential for energy savings.

In the end, the LSF house presented a higher value of total of energy consumption than the BM house. However, the difference between the two houses was just 3%.

REFERENCES

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 14040:2006. Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Princípios e Estrutura, Rio de Janeiro, 2009.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 15575-1:2013. Edificações Habitacionais – Desempenho, Rio de Janeiro, 2013.
- Atmaca, A. & Atmaca, N. 2015. Life cycle energy (LCEA) and carbon dioxide emissions (LCCO2A) assessment of two residential buildings in Gaziantep, Turkey. *Energy Buildings. Energy and Buildings* 102: 417-431.
- Balanço Energético Nacional, 2014. Balanço Energético Nacional (National Energy Balance) 2013, Brasília, MME (Ministry of Mining and Energy).
- Berggren, B., Hall, M. & Wall, M. 2013. LCE analysis of buildings – Taking the step towards Net Zero Energy Buildings. *Energy and Buildings* 62: 381-391.
- Cabeza, L. F., Rincón, L., Vilariño, V., Pérez, G., A. Castell, A. 2014. Life cycle assessment (LCA) and life cycle energy analysis (LCEA) of buildings and the building sector: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 29: 394-416.
- Chau, C. K., Leung, T.M., Ng, N. W. 2015. Review on Life Cycle Assessment, Life Cycle Energy Assessment and Life Cycle Carbon Emissions Assessment on buildings. *Applied Energy*. 143: 395-413.

- Devi L., P., Palaniappan, S. 2014. A case study on life cycle energy use of residential building in Southern India, *Energy and Buildings* 80:247-259.
- Huberman, N., Pearlmutter, D. 2008. A life-cycle energy analysis of building materials in the Negev desert, *Energy and Buildings* 40:837-848.
- Nabut Neto, A. C. 2011. *Energia incorporada e emissões de CO₂ de fachadas. Estudo de caso do steel frame para a utilização em Brasília*. 2011. 154 f, Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) – Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil, Universidade de Brasília, Brasília, 2011.
- Paulsen, J. S. & Sposto, R. M. 2013. A life cycle energy analysis of social housing in Brazil: Case study for the program “MY HOUSE MY LIFE”. *Energy and Buildings* 57: 95-102.
- Pedroso, G. M. 2015. *Avaliação de ciclo de vida energético (ACVE) de sistemas de vedação de habitações*. 2015. 226 f, Tese (Doutorado em Estruturas e Construção Civil) – Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.
- Pereira, I. M. & Assis, E. S. 2010. Avaliação de modelos de índices adaptativos para uso no Projeto arquitetônico bioclimático. *Ambiente Construído* 10 (1): 31-51.
- Sartori, I. & Hestnes, A. G. 2007. Energy use in the life cycle of conventional and low energy buildings: a review article. *Energy and Buildings* 39: 249-257.
- Tavares, S. F. 2006. *Metodologia de análise de ciclo de vida energético de edificações brasileiras*. 2006. 225f, Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.



Author Index

SBE16 Brazil & Portugal
Sustainable Urban Communities towards a Nearly Zero Impact Built Environment
ISBN: 978-85-92631-00-0



Author Index

Abrahão, Ricardo	1759	Barreto, Douglas	723
Abrão, Pedro	877	Barros, Bárbara	1103
Aguiar, Fabianne	1143	Barros, Raquel	333, 1629
Aguiar, Karolyna	1649	Bassetto, Luci	1987
Aguiar, Rafaela	621	Bastos, Celso	1003
Akutsu, Maria	973	Bastos, Leopoldo	1083
Albani, Vivian	1315	Bastos, Pedro	887
Albuquerque, Leonardo	401	Bello, Leonardo	449
Almeida, Manuela	99, 441, 955, 1819, 1869	Bernabé, Ana Carolina	199
Almeida, Renata	1093, 1231	Bernabé, Ana Clara	199
Altoé, Emanuella	1897	Berni, Mauro	411
Alvarado, Rodrigo	13, 179	Bertolde, Adelmo	1143
Alvarez, Analía	469	Biasutti, Saulo	963, 1879
Alvarez, Cristina	33, 159, 199, 265, 285, 529, 713, 753, 789, 809, 837, 1269, 1531, 1767, 1829, 1947	Bissoli-Dalvi, Márcia	753, 789, 809, 1947
Alves, Alessandro	1501, 1697	Bittencourt, Leonardo	569
Amador, Carolina	245	Bolssoni, Gabriela	1287
Amorim, Alexandre	459	Bonatto, Daniella	1777
Andrade, Amanda	1221, 1967	Borges, Marcos	591, 1241
Andrade, Liza	611, 1325, 1435	Botelho-Francisco, Rodrigo	621
Andrade, Telma	1345	Braga, Leander	955
Aquilino, Andrea	1599	Braga, Maria	255
Araujo, Aline	519	Bragança, Luís	43, 69, 99, 169, 275, 343, 429, 641, 867, 927, 983, 1193, 1589, 1869
Araújo, Catarina	275, 1869	Branco, Neila	1345
Araujo, Luis	449	Brandão, Alexandre	1733
Araújo, Taluane	701	Brandão, Nathalia	189
Araújo, Yngrid	1113	Brandli, Luciana	1725
Arnold, Daiana	149	Brauhardt, Bárbara	69
Arruda, Beatriz	1927	Bremenkamp, Álvaro	361, 1957
Arthur, Lara	459	Brigagão, Livia	1715
Assis, Leandro	1315	Brito, Adriana	973
Azevedo, Abílio	419, 937	Brito, Jordano	1767
Baggiotto, Angelica	1501	Brito, Miriam	1907
Ballesteros, Juan	1053	Brocco, Livia	1839
Barbieri, Indiara	285	Brum, Eduardo	1123
Barbirato, Gianna	1013	Bueno, Cristiane	549
Barbosa, Andrezza	1045	Bueno, Laura	761
Barbosa, Gisele	511, 1707	Bueno, Maruska	245, 255
Barbosa, José	983, 1193	Cabrera-Jara, Natasha	771
Barbosa, Maria	295, 955		

Caldas, Lucas Rosse	1997	Dell Santo, Amabeli	1677
Callejas, Ivan	1063	Dettmer, Tina	1405
Calmon, João	139, 529, 539, 681, 1023	Deus, Gabriel	489
Camacho, Darwin	59	Dias, Ingrid	1839
Câmara, Luiza	1405	Dornelas, Angélica	1231
Campos, Adriana	1511	Drummond, Ana	1173
Campos, Tácio	449	Duarte, Maria	1435
Caram, Rosana	99	Durante, Luciane	1063
Cardoso, Francisco	1355	Edge, Patricia	1405
Cardoso, Murilo	621	Effgem, André	189
Carrara, Ghérsika	819	Espicalski, Kevin	227
Casagrande Jr., Eloy	1987	Evangelísta, Wemerton	1073
Castano, Alexander	1789	Fabricio, Marcio	549, 1849
Castro, Ana	1415	Fagundes, Othon	1113
Castro, Caroline	733	Fantinelli, Jane	411
Cavalcante, Marianne	539	Fassina, Sirana	79
Cavalcanti, Bárbara	661	Feltes, Jeison	149
Cavaliero, Carla	411	Fenerich, Frederico	1753
Cenci, Laline	179	Fernandes, Jorge	429
Cesar, Sandro	993	Ferreira, Leonardo	1977
Chávez, José	119, 847	Ferreira, Marco	1819
Chong, Cesar	69	Ferreira, Marina	245
Cilento, Bruna	761	Ferreira, Tuani	1183
Cioppa, Antonella	129	Ferreira, Wemerson	419, 937
Có, Jorge	691	Barbosa Filho, Wilson	419, 937
Cochand, Loic	1113	Florenzano, Luciana	1093
Coelho, Edumar	963, 1879	Fonseca, Ingrid	499
Coelho, Felipe	139	Fontoura, Larissa	1669
Coelho, Fernanda	1073	Fornaciari, Rhaina	789
Collaço, Flávia	1859	Frاندoloso, Marcos	217
Conde, Ignacio	1053	Freitas, Maria	601, 621, 671
Conde, Karla	681, 1483	Freitas, Plínio	1201
Correa, Elizabeth	23	Fritsch, Robrigo	217
Correia, Marcia	867	Furtado, Julia	955
Cortez, Pedro	361, 1957	Gata, Kevin	1053
Cosentino, Livia	1241	Gelpi, Adriana	1619, 1743
Costa, Antonella	419	Gervásio, Helena	429
Costa, Fernando	1759	Giacomin, Regiane	1023
Costa, Francisco	601, 671	Giacon, Virginia	1045
Costa, Luiz	1927	Gobb, Janaine	1279, 1373
Costa, Maria	993	Gobbi, Mirna	809
Costalonga, Filipe	33, 371	Goecks, Pedro	207
Coutinho, Sandra	189, 227, 691, 1839	Gomes, Daniella	1511
Covaleski, Joani	1501, 1697	Gómez, Patricia	1053
Cruz, Andrea	1511	Gonçalves, Adilson	1183
Cruz, Marta	1143	Gonçalves, Ricardo	1649
Cruz, Rafael	1463, 1541, 1859	Goulart, Elisa	1531
Cunha, Marco	1033	Gozer, Vanessa	381
Cunha, Rita	1345	Granja, Laura	1937
Cúnsulo, Mario	469	Grigoletti, Giane	631
Dalmaschio, Guilherme	381	Guerrero, Luis	119
D'Amico, Flavio	1053	Guerrero, María	857
		Guimarães, Aline	1335
		Guimarães, Erika	983

Haerr, Parker	305	Martins, Cinthia	313
Hermida, M. Augusta	771, 857, 1385	Martorano, Lucieta	1045
Hofman, Izabela	159	Mass, Bárbara	559
Hülle, Laryssa	1287	Mateus, Ricardo	429, 1193, 1589, 1819
Ibarra, Daniel	13	Matos, Bruna	955
Imbronito, Maria	1579	Melchiorre, Lucia	129
Iten, Muriel	441	Mello, Flávia	691
Jesus, Luciana	361, 1297, 1957	Mello, Robson	139
John, Vanderley	877	Melo, Bruna	1325
Justi, Ana	1809	Melo, Evanisa	1123, 1279, 1373, 1445, 1561
Kalil, Rosa	1619, 1725, 1743	Melo, José	1445
Kanashiro, Milena	1669	Melo, Marcelo	149
Kemczinski, Avaniilde	601, 671	Melo, Ricardo	1123, 1279, 1373, 1445, 1561
Kiperstok, Asher	993	Melo, Rodrigo	1123, 1279, 1373, 1445, 1561
Konassova, Sarka	51	Melotti, Viviani	489
Kuhn, Desireé	1967	Mendonça, Eneida	1395
Kuhn, Eugenia	1425	Mestre, Ana	441
Kurbán, Alejandra	469	Miranda, Clara	1307, 1609
Lacerda, Marco	1083	Mocock, Juliana	661
Lamberts, Roberto	1917	Monte, Fabiano	1541
Langner, Marcelo	59	Monte, Vanderlei	1463
Laranja, Andréa	79, 265, 285	Montes, María	1917
Larivoir, Laura	579, 887	Montilla, Eduardo	469
Larsson, Nils	3	Morais Neto, Gregório	1143
Lazo, Carolina	1163	Morales, Gabriel	119
Lemos, Joana	621	Moratori, Daniel	295
Leo, Vanessa	333	Motomura, Monica	1669
Lepin, Camila	479	Motta, Ana	947
Lima, Debora	611	Mulder, David	305
Lima, Ivaldo	1365	Muniz, Isabela	1887
Lindoso, Teresa	1453	Nakamura, Priscila	89
Lira, Júlia	351, 1997	Nascimento, Heriberto	99
Lopes, Diorges	207	Nascimento, Juliana	169
Lopes, Gabriel	255	Navarrete, Jeremy	779
Loureiro, Oliver	733	Negreiros, Pedro	511, 1707
Lucas, Christiane	651	Neira, Mateo	857, 1385
Macedo, Adilson	1579	Neves, Thiara	819
Machado, Laura	1355	Nico-Rodrigues, Edna	33, 159, 371
Maciel, Mariana	1897	Nobre, Regina	701
Magnus, Lucas	1425	Nogueira, Jairo	323
Magro, Francisco	1123, 1279, 1561	Nogueira, Viviany	1173
Maioli, Ricardo	1287	Novo, Jean	1715, 1733
Malta, Nayara	1315	Nunes, Natalia	227
Manfro, Shauane	1373	Oliveira, Ana	371
Marins, Daniela	265	Oliveira, Felipe	1521
Marins, Karin	1541, 1569, 1639, 1859	Oliveira, Fernanda	1113
Maron, Guilherme	1201	Oliveira, Fernando	569
Marques, Luana	1839	Oliveira, José	401
Marques, Suellem	1947	Oliveira, Marco	43, 343
Martín, Fernando	1053	Oliveira, Mariany	1947
Martinez, Miguel	601		
Martins, Andreia	1849		
Martins, Bruno	1315		

Oliveira, Marlon	159	Rauen, William	733, 829, 1809
Oliveira, Marlus	313	Rebelatto, Bianca	217
Oliveira, Mary	1249	Rebello, Thaís	1003
Oliveira, Natalia dos Santos	701	Rebêlo, Marcelle	1013
Oliveira, Natália Barros	323	Redden, Paul	305
Oliveira, Paulo	411	Rêgo, Vitor	701
Oliveira, Simone	1259	Reis Jr., Neyval	1531, 1829
Oliveira, Wagner	1743	Reis, Daniel	877, 1849
Orellana, Daniel	771, 857	Reis, Maria	1211
Ortega, Andrés	469	Rembiski, Fabrícia	189, 227, 489, 819, 1839
Osario, Pablo	1385	Restrepo, Laura	1789
Ospina, Andrés	1789	Ribeiro, Aline	189
Pacheco, Pablo	1221	Ribeiro, Luana	1073
Padilha, Daiany	1113	Rizzatti, Eduardo	207
Pagel, Érica	1415, 1829	Robles, Daniel	671
Paim, Alessandra	1967	Rocha, Vanessa	1725
Paiva, Claudia	295	Rocon, Carolina	713
Paixão, Daniel	621	Rodrigues, Ana	1819
Paixão, Dinara	43, 343	Rodrigues, Artur	371
Pegoretti, Pâmela	837	Rodrigues, Larissa	109
Peinado, Tyler	305	Romanel, Celso	237, 1405, 1715, 1733, 1759
Penna, Tainah	1395	Romero, Marta	651
Pereira, Bianca	1183	Rossi, Ângela	1103, 1599, 1687
Pereira, Paulo	323	Rovetta, Marina	227
Pereira, Sérgio	701	Sacht, Helenice	59, 69, 99, 169
Peres, Sergio	1173	Sales, Gastão	1579
Perim, Bruna	1315	Salgado, Monica	867, 1033
Piazzarollo, Jessica	897	Saloto, Mateus	1677
Picada, Getúlio	43	Salume, Alberto	539
Piderit, Maria	479, 743, 779	Samaniego, Priscila	857
Pietto, Pedro	1725	Samora, Patrícia	761, 1927
Pimentel, Míria	819	Sanches, Suely	1661
Pina, Silvia	1483	Sánchez, Manuel	1053
Pinares, Manuel	779	Sanhueza, Carolina	479
Pinheiro, Bruna	897	Sant'Ana, Daniel	1799
Pinheiro, José	275	Santana, Marina	1629
Pinho, Giusilene	381, 391	Santander, Alvaro	1053
Pinto, Debora	701, 1113	Santos, Andreia	733
Pires, Tayana	1279, 1373	Santos, Antônio	419, 937
Potuhera, Dhakshan	305	Santos, Jorge	43, 343
Pouey, Maria	1201	Santos, Lívia	601
Pozzobom, Cristina	207	Santos, Matheus	973
Prange, Sergio	1153	Santos, Mauro	1511
Pretti, Argeu	529	Santos, Thiago	1123
Pretto, Nelita	1743	Sassi, Paola	1917
Quaresma, Cristiano	1463, 1541	Sattler, Miguel	1221, 1425, 1967
Quilodrán, Miguel	1551, 1907	Sauer, Aline	189, 227, 489, 691, 819, 1839
Rabbani, Emilia	661, 1173	Savi, Adriane	1211
Rabello, Júlia	1767	Scarpinella, Gustavo	1259
Ramírez, Leidy	23	Scheer, Sergio	559
Ramos, Larissa	361, 1297, 1957		
Ramos, Suzany	1297		
Rangel, Larissa	1777		

Senger, Eduardo	907	Trenz, Thaís	1967
Sermarini, Douglas	411	Tucci, Fabrizio	499
Seroa, Ana	1133	Ulian, Giovana	1551
Serra, Bernardo	1687	Ulloa, Ricardo	1163
Serra, Scheyla	723	Vaguetti, Marcos	631
Silva, Adriana	149	Valiente, Ernesto	1053
Silva, Auriele	1063	Vanin, Fábio	1907
Silva, Brenda	1269	Vargas, Paulo	1287
Silva, Carolina	1033, 1839	Vaz, Luciene	947, 1133
Silva, Christiane	1977	Vettorazzi, Egon	59
Silva, Edilson	1493	Viana, Angela	1325
Silva, Eneias	1183	Vieira, Geilma	109
Silva, Fabiana	1531	Vieira, Juliana	1287
Silva, Juan	661	Vieira, Renata	753
Silva, Julia	761	Vieira, Wallason	189
Silva, Juliana	227	Vilela, Erika	1927
Silva, Juvancir	733, 829	Vinhal, Laís	723
Silva, Livia	419, 937	Vizeu, Carolina	753, 809
Silva, Luciene	1453	Waldetario, Kamila	837
Silva, Maclovia	1987	Xavier, Tatiana	1269
Silva, Malena	1767	Ximenes, Deize	1473, 1521
Silva, Paulo	641	Yuba, Naguissa	89
Silva, Ricardo Marcelo	313	Zaganelli, Deborah	1307, 1609
Silva, Ricardo Siloto	1259	Zamboni, Caroline	753, 809
Silva, Sandra	429	Zambrano, Letícia	1937
Silva, Sidnei	799	Zandoná, Bibiana	1697
Silva, Simone	1493	Zapata-González, Lina	743
Simonian, Lonny	305	Zeule, Ludmilla	723
Siqueira, Letícia	681		
Sirtulli, Bruna	33		
Soares, Bianca	917		
Soares, Marília	1677		
Sobreira, Paula	1201		
Sousa, Isabel	1661		
Souto, Lizelda	1173		
Souza Jr., Adilson	1201		
Souza, Claudia	237		
Souza, Denise	391		
Souza, Matheus	631		
Souza, Rafael	1133		
Souza, Rafael Carvalho	947		
Spoto, Rosa	351, 1997		
Stieger, Isabela	591		
Sturzbecher, Gabriela	1501, 1697		
Tavares, Sergio	519, 559, 907, 927, 1211		
Tawayha, Fajer	1589		
Teixeira, Bernardo	799		
Teixeira, Catharina	1473		
Thompson, Daniela	227		
Tiepo, Cristiane	1725		
Tierno, Ricardo	1569		
Tomé, Marina	265		
Torres, Julio	1153		

SBE16 Brazil & Portugal
Sustainable Urban Communities towards a Nearly Zero Impact Built Environment
ISBN: 978-85-92631-00-0

ORGANIZADORES:



APOIADORES:



PATROCINADORES:



COLABORADORES:



FINANCIADORES:



MINISTÉRIO DA
EDUCAÇÃO



ISBN: 978-85-92631-00-0